



TUGAS AKHIR - SB141503

PENGARUH PEMBERIAN MIKORIZA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN JARAK PAGAR TOMAT DAN LAMTORO YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA CEKAMAN Mn DENGAN METODE CAWAN

HILDA OSALINA
1511 100 005

Dosen Pembimbing :
Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibbudin, M.P

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2015



FINAL PROJECT - SB141503

MYCORRHIZAL GIVING EFFECT ON THE GROWTH OF JATROPHA TOMATO AND LAMTORO GROWN ON THE MEDIA Mn STRESS WITH CUP METHOD

HILDA OSALINA
1511 100 005

Advisor Lecturer :
Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibbudin, M.P

BIOLOGY DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATIC AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PEMBERIAN MIKORIZA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN JARAK PAGAR TOMAT DAN LAMTORO YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA CEKAMAN Mn DENGAN METODE CAWAN

TUGAS AKHIR


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

HILDA OSALINA
NRP. 1511100005

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Sri Nuhatika, M.P.  (Pembimbing I)

Dr. Anton Muhibbudin, M.P.  (Pembimbing 2)

Surabaya, 27 Juli 2015

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi




Dr. rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si
NRP. 19690907 199803 2 001

**PENGARUH PEMBERIAN MIKORIZA TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN JARAK PAGAR TOMAT
DAN LAMTORO YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA
CEKAMAN Mn DENGAN METODE CAWAN**

Nama Mahasiswa : Hilda Osalina
NRP : 1511100005
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibbudin, M.P

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman jarak pagar tomat dan lamtoro yang ditumbuhkan pada media cekaman Mn dengan metode cawan meliputi (tinggi tanaman, jumlah daun dan biomasnya). Penelitian ini menggunakan variasi dosis mikoriza yaitu 0g tanpa Mn, dosis 10g, 30g, 50g, 70g, 90g, 110g dengan Mn 5ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwasanya pemberian mikoriza berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman jarak pagar, tomat dan lamtoro. Hal ini dibuktikan dengan adanya pengaruh yang berbeda nyata terhadap tinggi, biomassa dan jumlah daun dari ketiga tanaman tersebut. Dosis terbaik pada tinggi tanaman adalah: 10g pada jarak pagar dan lamtoro, 90g pada tomat. Biomassa akar: 30g pada jarak pagar, pada tomat 50g, lamtoro tidak berbeda nyata. Biomassa batang: 10g pada jarak pagar dan tomat, 90g pada lamtoro dan biomassa daun: pada tomat 90g, jarak pagar dan lamtoro tidak berbeda nyata dengan kontrol. Untuk jumlah daun: 10g pada jarak pagar, 30g pada lamtoro dan 110g pada tomat.

Kata Kunci : Jarak pagar, Lamtoro, Mikoriza, Tomat

MYCORRHIZAL GIVING EFFECT ON THE GROWTH OF JATROPHA TOMATO AND LAMTORO GROWN ON THE MEDIA Mn STRESS WITH CUP METHOD

Student name : Hilda Osalina
NRP : 1511100005
Major : Biologi
Advisor : Ir. Sri Nurhatika, M.P
Dr. Anton Muhibbudin, M.P

Abstract.

This research was conducted to determine the effect of mycorrhiza on the growth of jatropha, tomato and leucaena grown on media Mn stress with cup method includes (plant height, leaf number and biomass). This study uses a variation of mycorrhizal is 0g dose without Mn, a dose of 10g, 30g, 50g, 70g, 90g, 110g with Mn 5ppm. The results showed that administration of high mycorrhizal effect on jatropha, tomatoes and leucaena. This is evidenced by the significantly different effect on the height, leaf number and biomass of the three crops. In particular a best dose of height 10g on jatropha, and leucaena 90g on tomatoes. Biomass of rhizo: 30g on jatropha, 50g on tomatoes, leucaena no significantly different. Biomass of trunch: 10g on jatropha and tomatoes, 90g on leucaena. Biomass leaf: 90g on tomatoes, jatropha and leucaena no significantly different from control level. Number of leaves: 10g on jatropha, 30g on leucaena and 110g on tomatoes.

Keyword: *Jatropha, Leucaena, Mycorrhiza, Tomato.*

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan ridho-Nya serta hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul “PENGARUH PEMBERIAN MIKORIZA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN JARAK PAGAR TOMAT DAN LAMTORO YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA CEKAMAN Mn DENGAN METODE CAWAN ini dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berperan hingga penyusunan ini selesai. Sehingga penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Ir. Sri Nurhatika, M.P dan Bapak Dr. Anton Muhibbudin, M.P selaku dosen pembimbing, Ibu Tutik Nurhidayati, S.Si, M.Si, dan Bapak Farid Kamal Muzakki, S.Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan bantuannya, Ibu Dr. Awik Dyah Pujiati, M.Si yang telah memberikan masukan terhadap penulisan naskah secara benar, serta kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan proposal ini.

Dalam hal ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, segala saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan kemajuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga Allah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada kita semua dan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin

Surabaya, 27 Juli 2015

Hilda Osalina

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Logam Berat	5
2.1.1 Logam Mangan.....	6
2.2 Metode Cawan (<i>Soil Drive Nutrient</i>).....	7
2.3 Jarak Pagar.....	9
2.4 Lamtoro	11
2.5 Tomat.....	12
2.6 Mikoriza	13
2.6.1 Proses infeksi mikoriza pada akar	16
2.6.2 Interaksi mikoriza dengan tanaman	17
2.6.3 Mekanisme mikoriza menyerap logam berat.....	18
2.7 Glomus	18
2.8 Mekanisme Logam Berat Masuk ke Tumbuhan.....	20

2.9 Fisiologi Tanaman Tercekam Logam Berat	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Metode yang digunakan.....	23
3.3.1 Penyiapan media tanam	23
3.3.2 Penyemaian biji tanaman.....	24
3.3.3 Pencemaran tanah steril dengan Mn	24
3.3.4 Penyiapan tanaman	24
3.4 Variabel Pengamatan.....	24
3.4.1 Analisa logam berat Mn dalam tanah	24
3.4.2 Pengukuran	25
A. Berat kering dan berat basah tanaman	25
B. Pertumbuhan tanaman.....	25
C. Perhitungan infeksi mikoriza	25
D. Jumlah helai daun	26
3.5 Rancangan Penelitian	26
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pengaruh Pemberian Mikoriza dan Logam Mn Pada Tinggi Tanaman Jarak Pagar Tomat dan Lamtoro.....	27
4.1.1 Tinggi tanaman Jarak Pagar	27
4.1.2 Biomassa Tanaman Jarak Pagar	29
4.1.3 Tinggi Tanaman Lamtoro	30
4.1.4 Biomassa Lamtoro.....	31
4.1.5 Tinggi Tanaman Tomat	33
4.1.6 Biomassa Tomat	34
4.2 Pengaruh Pemberian Mikoriza Terhadap Jumlah Daun	35
4.4 Infeksi Mikoriza	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41

5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN - LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Batas kritis logam berat pada tanah, air dan tanaman	6
Tabel 2.	Tinggi tanaman jarak pagar, pada berbagai dosis	27
Tabel 3.	Biomassa tanaman jarak pagar.....	29
Tabel 4.	Tinggi tanaman lamtoro.....	30
Tabel 5.	Biomassa tanaman lamtoro	31
Tabel 6.	Tinggi tanaman tomat	33
Tabel 7.	Biomassa tanaman tomat.....	34
Tabel 8.	Jumlah daun tanaman.....	35
Tabel 9.	Persentase infeksi mikoriza.....	37
Tabel 10.	Hasil analisa Mn dengan mikoriza pada berbagai dosis.....	39

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.	Ilustrasi Metode Cawan	8
Gambar 2.	Tanaman <i>J. curcas</i> L.	8
Gambar 3.	Tanaman <i>L. leucocephala</i> L.	11
Gambar 4.	Tanaman <i>S. lycopersicum</i>	12
Gambar 5.	Spora <i>Glomus</i> sp.	19

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tomat (*Solanum lycopersicum* Mill.) merupakan salah satu bahan pangan pokok berupa sayuran yang penting bagi manusia. Indonesia dari tahun ke tahun berusaha untuk meningkatkan produksi tomat dengan cara perluasan wilayah budidaya tomat, namun hingga tahun 2004 Indonesia masih mengimpor tomat sebanyak 8.192.280 kg dalam bentuk buah segar maupun dalam bentuk olahan yang berasal dari berbagai negara (BPS, 2004 *dalam* Redaksi Agromedia, 2007).

Salah satu usaha yang dilakukan untuk peningkatan kualitas dan kuantitas produksi *S. lycopersicum* Mill. adalah dengan memanfaatkan lahan bekas tambang batu bara yang mengandung logam Mangan (Mn), melalui proses revegetasi lahan dimana lahan bekas tambang batu bara merupakan lahan marginal yang perlu dipulihkan dan dimanfaatkan kembali secara optimal (Prayudyaningsih, 2014). Keberhasilan revegetasi lahan bekas tambang batu bara dipengaruhi oleh pemilihan jenis tanaman. Tumbuhan yang digunakan dalam revegetasi harus tanaman yang toleran terhadap kondisi lahan kritis, cepat tumbuh, resisten terhadap kekeringan, dan mampu tumbuh pada tanah yang miskin unsur hara (Nurtjahya, 2003) karena berdasarkan Permenhut RI No P.4/Menhut-II/2011, tanaman tersebut mampu menyesuaikan diri dengan iklim dan kondisi tanah setempat.

Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) dan Lamtoro (*Leucaena leucocephala* L.) merupakan beberapa tanaman yang mampu hidup dengan adaptasi yang tinggi dalam kondisi tanah yang kritis, miskin air dan unsur hara (Tjahyana & Ferry, 2011; Kartika *et al.*, 2014) sehingga berpotensi dijadikan tanaman revegetasi pada tanah bekas tambang batu bara. Selain itu, tanaman ini dapat hidup pada pH asam dan mampu

mengakumulasi berbagai macam logam berat (Tjahyana & Ferry, 2011).

Keberhasilan revegetasi lahan bekas tambang juga dipengaruhi mikroorganisme untuk mensuplai nutrisi bagi tumbuhan. Lahan bekas tambang sudah tidak memiliki lagi lapisan atas (*top soil*), sehingga tidak ada vegetasi lagi yang tumbuh. Biasanya lapisan ini tidak mengandung propagul mikoriza. Oleh karena itu, inokulasi mikoriza terhadap tanaman revegetasi sangat dibutuhkan (Simanungkalit dkk, 2006). Untuk memperbaiki struktur tanahnya, maka digunakan pupuk hayati khususnya mikoriza, karena dalam usaha bioremediasi tanah tercemar logam berat ataupun revegetasi lahan bekas tambang dapat dipercepat dengan tanaman bermikoriza. Mikoriza dapat melindungi tanaman inang dari serapan unsur beracun tersebut melalui efek filtrasi, kompleksasi dan akumulasi (Ghamdi *et al.*, 2012).

Mikoriza mampu menahan potensial toksik seperti logam berat oleh adanya komponen pada dinding selnya yang dapat mengikat unsur seperti Cu, Pb, Cd, Mn, dan lain-lain. Protein pada dinding sel jamur memiliki kemampuan dalam menyerap potensial toksik dengan cara menyimpannya dalam hifa. Khan (2006) menyatakan koloni mikoriza di akar dapat menurunkan akumulasi logam di ujung atau tunas, sehingga tanaman dapat terlindungi dari efek logam berat. Koloni mikoriza di akar juga berfungsi pada tanah polutan yang biasanya memiliki nutrisi dan kadar air yang cukup rendah sehingga dapat membantu dalam penyerapan. Kandungan logam berat paling tinggi terdapat di ujung atau tunas pada akar, hal ini mengindikasikan bahwa translokasi logam berat terjadi di akar yang mengandung mikoriza (Ghamdi *et al.*, 2012).

Dalam hal ini peran mikoriza sangat dibutuhkan karena mampu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen juga membantu pertumbuhan tanaman pada tanah yang tercemar logam berat seperti lahan bekas tambang

(bioremediator) (Solaiman & Hirata, 1995). Dimana akar tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza diketahui dapat berperan dalam mereklamasi lahan-lahan yang terkontaminasi logam berat. Pemanfaatan mikoriza sangat diperlukan dalam fitoremediasi tanah tercemar, di samping adanya akumulasi bahan logam tersebut oleh sekresi hifa eksternal. Mikoriza dapat melindungi tanaman dari unsur luar tertentu yang bersifat racun seperti logam berat (Killham, 1994). Mikoriza dapat terjadi secara alami pada tanaman tingkat tinggi di lahan limbah yang terkontaminasi logam berat. Mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui efek filtrasi, yang menonaktifkan secara kimiawi ataupun akumulasi unsur tersebut dalam hifa (Rossiana, 2003).

Aplikasi mikoriza dengan tanaman revegetasi membutuhkan suatu metode baru untuk tetap mempertahankan kandungan unsur hara di dalam tanah. Metode cawan merupakan metode baru yang melibatkan peranan mikoriza dan tanaman sebagai inangnya melalui pola tanaman tumpangsari dengan mempertimbangkan waktu penanaman dan struktur akar tumbuhan agar dapat terjalin hifa yang begitu luas dan kuat untuk menyimpan unsur hara dan air sehingga dapat meningkatkan kualitas dari lahan yang kritis agar lahan tersebut bisa menjadi lahan yang produktif (Muhibbudin, 2015).

Berdasarkan uraian di atas, penulis ingin mengamati pengaruh pemberian mikoriza melalui aplikasi metode cawan dengan media yang tercekam mangan (Mn) sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman jarak pagar, tomat dan lamtoro.

1.2 Permasalahan

Bagaimana pengaruh pemberian dosis mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman jarak pagar, tomat dan lamtoro yang ditumbuhkan pada media cekaman Mn dengan metode cawan meliputi (tinggi tanaman, jumlah daun dan biomasnya)?

1.3 Batasan Masalah

1. Mikoriza yang digunakan adalah *Glomus* sp yang diperoleh dari Balai Besar Perbenihan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya.
2. Tanaman yang digunakan adalah Jarak pagar, Lamtoro, dan Tomat diperoleh dari Balittas Malang Jatim.
3. Logam berat yang digunakan adalah Mn.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman jarak pagar, tomat dan lamtoro yang ditumbuhkan pada media cekaman Mn dengan metode cawan meliputi: (tinggi tanaman, jumlah daun dan biomassanya).

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai spesies mikoriza *Glomus* sp berperan dalam pertumbuhan ketiga tanaman tersebut saat kondisi tercekam Mn dengan metode cawan meliputi (tinggi tanaman, jumlah daun dan biomassanya). Sehingga dari hal tersebut mikoriza bermanfaat sebagai pelindung hayati bagi tanaman yang tercekam logam berat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat secara alamiah akan terus-menerus berada di alam karena tidak mengalami transformasi sehingga menyimpan potensi peracunan. Logam berat juga tidak dapat didegradasi oleh tubuh dan memiliki sifat racun pada makhluk hidup walaupun dalam konsentrasi yang rendah serta dapat terakumulasi dalam jangka waktu tertentu (Buhani, 2007). Logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai molekul khelat yg berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan, misalnya histidin yg terikat pd Ni (Kramer *et al.*, 1996). Fitokelatin glutation yg terikat pd Cd (Zhu *et al.*, 1999)

A. Logam berat dalam tanah

Solubilitas logam di air dan tanah biasanya dikendalikan oleh pH, jumlah logam kapasitas pertukaran kation, kandungan karbon organik (Elliot *et al.*, 1986), oksidasi dan komponen mineral serat potensial redoks dari sistem tersebut (Connel and Miller *dalam* Surahmaidah, 2008). Menurut Tessier *dalam* Surahmaidah (2008) keberadaan logam tanah terkait dengan beberapa fraksi, yaitu:

1. Dalam larutan tanah sebagai ion logam bebas dan kompleks logam terlarut.
2. Diadsorpsi menjadi unsur organik tanah pada saat pertukaran ion.
3. Terikat menjadi bahan organik tanah.
4. Diendapkan seperti oksida, hidroksida dan karbonat.
5. Disimpan dalam struktur mineral silikat.

Penambahan unsur logam pada tanah dapat terjadi dengan berbagai cara yaitu melalui polusi, penggunaan sarana produksi seperti pupuk, pestisida dan fungisida, sehingga terjadi kontaminasi logam-logam pada tanah dan tumbuh-tumbuhan.

Adapun batas kritis untuk beberapa kontaminan logam berat pada tanah, air dan tanaman ditunjukkan pada Tabel di bawah ini:

Tabel 1. Batas kritis logam berat pada tanah air dan tanaman

Logam berat	Tanah ^a (ppm)	Air ^b (ppm)	Tanaman ^c (ppm)
Pb	1.00	0.003	50
Cd	0.50	0.005-0.10	5-30
Co	10	0.4-0.6	15-30
Cr	2.5	0.5-1.0	5-30
Ni	20	0.2-0.5	5-30
Cu	60-125	2-3	20-100
Mn	1.500	-	-
Zn	70	5-10	100-400

Sumber: a) Ministry of State for Population and Environment of Indonesia, and Dalhouse University, Canada (1992)

b) Pemerintah Republik Indonesia (1990)

c) Alloway (1997)

2.1.1 Logam Mangan (Mn)

Berbagai bahan pencemar tanah seperti logam berat (*heavy metal*) juga menjadi cekaman terhadap pertumbuhan tanaman, contohnya adalah Mn yang terdapat dalam jumlah melimpah pada batuan dan tanah, terutama bentuk mangan oksida dan hidroksida dalam persenyawaannya dengan kation logam lain. (Montgomery, 1985). Ia merupakan mikronutrient esensial bagi semua makhluk hidup. Mn bersifat esensial bagi komponen lebih dari 36 jenis enzim untuk metabolisme karbohidrat, protein, dan lipid sebagai kofaktor beberapa kelompok enzim oksidoreduktase, transferase, hidrolase, liase, isomerase, ligase, lektin dan integrin.

Sebagian kecil dari bahan yang diserap mangan hadir sebagai ion bebas. Namun, mangan mudah membentuk kompleks dengan berbagai ligan organik dan anorganik. Kompleks yang

terbentuk termasuk 1) kompleks dengan berat molekul rendah dengan bikarbonat, sitrat atau ligan lain; 2) suatu kompleks ditukar dengan albumin; dan 3) terikat erat kompleks dengan protein seperti transferin dan 2-macroglobulin. Mangan memainkan peran katalitik atau peraturan dalam reaksi enzimatik yang melibatkan hidrolase, dehidrogenase, kinase, decarboxylases dan transferase (Andersen *et al.*, 1999). Toksisitas logam berat dalam tanah tergantung pada bentuk mereka dan bukan jumlah totalnya di lingkungan. Keberadaan delapan fraksi logam dapat menjadi tiga kelompok:

1. Mudah diekstrak dan bertukarkan, termasuk yang larut dalam air, terikat pada reduksi fraksi oksida Fe dan Mn.
2. Berpotensi untuk diekstrak
3. Tidak dapat diekstrak dan bertukarkan, ditemukan dalam fraksi residu (Ma and Rao, Dinel *et al.*, 2000).

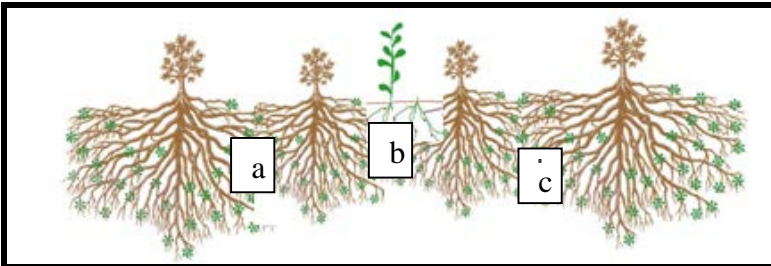
2.2 Metode Cawan (*Soil Drive Nutrient*)

Metode cawan merupakan metode baru yang diaplikasikan pada lahan kritis dengan melibatkan mikoriza dan tanaman sebagai inangnya. Metode ini menyerupai pola tanam tumpangsari yang biasa digunakan dalam pertanian (Muhibbudin, 2015). Tumpangsari merupakan suatu usaha menanam beberapa jenis tanaman yang relatif seumur pada lahan dan waktu yang sama serta diatur sedemikian rupa dalam barisan-barisan tanaman (Warsana, 2009).

Metode cawan memiliki beberapa perbedaan dengan tumpangsari dalam hal waktu penanaman dan jenis tanaman, dimana pada metode cawan menggunakan waktu penanaman yang berbeda antara jenis tanaman satu dengan tanaman yang lain dan jenis tanaman pertama (tanaman cawan 1) yang ditanam harus memiliki struktur akar yang lebih panjang dari tanaman

yang akan ditanam selanjutnya (tanaman cawan 2) (Muhibbudin, 2015).

Menurut Muhibbudin (2015), aplikasi metode cawan ini diharapkan akan terjalin hubungan simbiosis antara tanaman cawan 1 dengan mikoriza lebih dulu sebagai pondasi awal untuk menjebak nutrisi yang berada di dalam tanah. Adanya hubungan simbiosis antara tanaman cawan 2 dengan mikoriza akan membentuk struktur bangunan baru berupa jaring-jaring hifa mikoriza untuk menyimpan nutrisi dalam tanah sehingga nutrisi dalam tanah dapat dipertahankan dan tidak cepat habis karena tersimpan di jaringan hifa mikoriza yang membentuk sebuah cawan serta dapat memperbaiki struktur tanah dari lahan kritis.



Gambar 1. Ilustrasi Metode Cawan: a (tanaman cawan 1); b (tanaman utama) ; c (tanaman cawan 2)

2.3 Jarak Pagar



Gambar 2. Tanaman *Jatropha curcas* L.

Klasifikasi Jarak pagar adalah sebagai berikut:

Regnum : Plantae
 Divisio : Spermatophyta
 Sub divisio : Angiospermae
 Classis : Dicotyledonae
 Ordo : Euphorbiales
 Familia : Euphorbiaceae
 Genus : *Jatropha*
 Spesies : *J. curcas* L.

(GFU and GTZ, 2004)

Habitus *J. curcas* L. berbentuk semak besar dengan tinggi dapat mencapai lebih 5 meter dengan sistem percabangan tidak teratur, batangnya berkayu, berbentuk silindris, dan bergetah (Wiesenhutter, 2003). Memiliki daun tunggal, berwarna hijau muda sampai hijau tua, permukaan bawah lebih pucat dari pada bagian atasnya. Bentuk daun agak dengan jumlah lekukan berkisar 5-7 dengan panjang 6-15 cm yang tersusun secara berselang-seling. Daunnya dilengkapi tangkai daun dengan panjang antara 4-15 cm (Henning, 2004).

Sebagai tumbuhan hiperakumulator *J. curcas* L. dapat menyerap logam berat sekitar 1% dari berat keringnya (Gedoa *et al.*, 2008). Semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tumbuhan dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator. Pada prosesnya logam berat diserap oleh akar tanaman dan di translokasikan ke tajuk untuk diolah kembali atau dibuang pada saat tanaman dipanen (Vlajkovic & Blagojevic, 2007). Mengacu pada hukum toleransi Shelford yang menyatakan bahwa kehadiran dan keberhasilan suatu organisme tergantung kepada suatu faktor yang terdapat di lingkungan. Distribusi spesies akan

dikontrol oleh faktor lingkungan yang berada pada kisaran toleransi sempit. Artinya masing-masing organisme mempunyai batas toleransi terhadap suatu faktor yang ada di lingkungan untuk saling berkompetisi dan bertahan hidup (Widyati, 2007).

J. curcas L. telah banyak digunakan untuk perkebunan khususnya dalam bidang energi dan reklamasi lahan karena kemampuannya untuk mentolerir kondisi lingkungan yang ekstrim seperti kekeringan, non-subur dan sangat tercemar. Berdasarkan akumulasi beberapa unsur yang berbeda (Cu, Cr, Mn, Ni, dan Zn) dan nutrisi (Ca, K, Mg, Na, dan P) di Jarak pagar tumbuh di sekitar lahan yang dapat digunakan untuk program penghijauan di daerah pertambangan (Nagaraju & Karimulla 2002). *J. curcas* L. merupakan jenis tumbuhan yang dikategorikan sebagai spesies hiperakumulator dimana karakteristiknya sebagai berikut:

1. Bersifat toleran terhadap kandungan logam yang tinggi sehingga pertumbuhan akar dan pucuk tidak mengalami hambatan. Tanaman yang toleran tidak akan terganggu pertumbuhannya walaupun tumbuh pada tanah dengan toksisitas yang tinggi. Toleransi ini diduga berasal dari kemampuan tanaman untuk menyimpan logam dalam vakuola sel.
2. Mampu menyerap logam yang terdapat dalam larutan tanah dengan cepat. Kecepatan penyerapan ditentukan oleh jenis tumbuhan dan macam logam yang diserap. Mampu mentranslokasikan suatu unsur logam dari akar ke bagian pucuk tanaman dengan kecepatan tinggi.
3. Dapat menghasilkan biomasa yang tinggi dalam waktu yang cepat (cepat tumbuh), mudah dibudidayakan dan mudah dipanen (Widyati, 2008).

2.4 Lamtoro



Gambar 3. Tanaman *L. leucocephala* L.

Klasifikasi lamtoro adalah sebagai berikut :

Regnum	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Magnoliopsida
Ordo	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Genus	: Leucaena
Spesies	: <i>L. leucocephala</i> L.

Tanaman lamtoro merupakan jenis tanaman yang mudah beradaptasi di daerah tropis. Tanaman semak atau pohon yang akarnya kokoh, karena akar tunggangnya menembus kuat ke dalam tanah. Akar rambutnya tidak terlalu besar sehingga tidak menonjol ke permukaan tanah, tetapi berfungsi untuk mencengkram tanah serta dapat mencegah kelongsoran tanah di sekitar pohon tersebut dan juga menyimpan zat nitrogen dalam butiran-butiran yang dapat dilihat pada akar rambutnya. Butiran itu berisi nitrogen yang semula diserap dari udara bebas dan dari dalam tanah. Inilah sebabnya mengapa akar lamtoro agak kurang perkembangannya untuk menjadi besar dan tidak menonjol keluar tanah. Karena akar lamtoro mengikat zat nitrogen, maka tanah di sekitar lamtoro akan menjadi subur.

Batang lamtoro bersifat kuat dan elastik, sehingga tidak mudah patah. Warna batang kecoklatan, dalam waktu satu tahun dapat mencapai garis tengah middle line 10-15 cm (Suprayitno, 1995). Daunnya berbentuk simetris kecil-kecil

berpasangan tetapi tidak pernah gugur. Warna daun hijau muda dan berfungsi untuk fotosintesis dari udara. Dalam penelitian Thomas (1992), bahwa lamtoro mengandung zat aktif berupa alkaloid, saponin, flavonoid, protein, kalsium dan fosfor.

Tumbuhan lamtoro merupakan tumbuhan yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi. Fitoremediasi adalah sistim dimana tanaman dapat mengubah kontaminan (pencemar/polutan) menjadi berkurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang dapat digunakan kembali. Dalam proses ini membutuhkan peran tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar logam berat atau polutan (Hardiani, 2009).

2.5 Tomat



Gambar 4. Tanaman *S. lycopersicum* Mill.

Klasifikasi Tomat adalah sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Ordo	: Tubiflorae
Familia	: Solanaceae
Genus	: <i>Lycopersicum</i>
Spesies	: <i>S. lycopersicum</i> Mill.

Tanaman tomat memiliki akar tunggang, akar cabang, serta akar serabut yang berwarna keputih-putihan dan berbau khas. Perakaran tanaman tidak terlalu dalam, menyebar ke semua arah hingga kedalaman rata-rata 30-40 cm, namun dapat mencapai kedalaman hingga 60-70 cm. Akar berfungsi dalam menyerap air dan unsur hara dalam tanah. Oleh karena itu tingkat kesuburan tanah di bagian atas sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan produksi buahnya (Pitojo, 2005).

Batangnya mempunyai cabang banyak sehingga secara keseluruhan berbentuk perdu. Daunnya berbentuk oval dengan panjang 20-30 cm. Tepi daun bergerigi dan membentuk celah-celah yang menyirip, memiliki warna hijau dan berbulu. Buah tomat adalah buni, selagi masih muda berwarna hijau dan berbulu serta relatif keras, setelah tua berwarna merah muda, merah, atau kuning, cerah dan mengkilat, serta relatif lunak (Rismunandar, 2001).

2.6 Mikoriza

Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara fungi dan sistem perakaran tumbuhan. Fungi memperoleh energi hasil asimilasi dari tumbuhan. Walaupun simbiosis mikoriza dengan tumbuhan pada lahan subur tidak banyak berpengaruh positif, namun pada kondisi ekstrim mampu meningkatkan sebagian besar pertumbuhan tanaman (Smith & Read, 2008). Secara khusus, fungi mikoriza meningkatkan penyerapan ion dengan tingkat mobilitas rendah, seperti fosfat (PO_4^{3-}) dan amonium (NH_4^+) dan unsur hara tanah yang relatif immobil lain seperti belerang (S), tembaga (Cu), seng (Zn), dan juga Boron (B) (Suharno & Santoso 2005).

Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) merupakan suatu bentuk simbiosis mutualisme antara cendawan dengan perakaran tumbuhan tinggi dimana jenis mikoriza ini membentuk arbuskular yang dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam pengambilan unsur hara (K, Mg, Ca, O, H, C, dan S) terutama fosfor (Yulipriyanto, 2010) yang berguna untuk pertumbuhan dan

perkembangan akar (Hamidah, 2010). Selain itu CMA mampu memberikan ketahanan terhadap kekeringan karena hifa cendawan masih mampu menyerap air pada pori-pori tanah serta penyebaran hifa dalam tanah sangat luas sehingga dapat mengambil air relatif lebih banyak (Imas *et al.*, 1989) hal ini dibuktikan pada penelitian Karti (2004) bahwa pemberian CMA meningkatkan pertumbuhan dan produksi rumput *Setaria splendida*. Pengolahan tanah yang intensif akan merusak jaringan hifa eksternal, sebaliknya pengolahan tanah minimal akan meningkatkan populasi CMA. Sistem tumpang sari atau pergiliran tanaman juga dapat meningkatkan populasi CMA (McGonigle & Miller 1993).

Menurut Wright dan Uphadhyaya (1998), CMA melalui akar eksternalnya menghasilkan senyawa glikoprotein glomalin dan asam-asam organik yang akan mengikat butir-butir tanah menjadi agregat mikro. Selanjutnya melalui proses mekanis oleh hifa eksternal, agregat mikro akan membentuk agregat makro yang mudah diserap tanaman. Jaringan hifa eksternal CMA yang menginfeksi akar tanaman akan memperluas bidang serapan akar terhadap air dan unsur hara. Di samping itu, ukuran hifa yang sangat halus pada bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling halus sehingga hifa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah (Kilham, 1994). Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga akan membawa unsur hara seperti N, P, dan K sehingga serapan hara oleh tanaman akan meningkat. Penggunaan CMA tidak mencemari lingkungan, bahkan dalam jangka panjang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta berguna sebagai bioremediasi lingkungan. CMA berpotensi untuk dikembangkan karena ketersediaannya di alam cukup banyak serta perbanyakannya dan aplikasinya di lapangan sangat mudah dilakukan oleh petani tanpa perlu tanaman inang dan perlakuan yang khusus (Musfal, 2008).

Mikoriza berperan sebagai :

1. Proteksi dari patogen dan unsur toksik

Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perlindungan tanaman dari patogen akar dan unsur toksik. Imas *et al* (1989) menyatakan bahwa struktur mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya patogen tanah terhadap akar. Mekanisme perlindungannya adalah:

- a. Adanya selaput hifa (mantel) yang dapat berfungsi sebagai barier masuknya patogen.
- b. Mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok untuk patogen.
- c. Cendawan mikoriza dapat mengeluarkan antibiotik yang dapat mematikan patogen.
- d. Akar tanaman yang sudah diinfeksi cendawan mikoriza, tidak dapat diinfeksi oleh cendawan patogen yang menunjukkan adanya kompetisi. Namun demikian tidak selamanya mikoriza memberikan pengaruh yang menguntungkan dari segi patogen.

2. Pembentuk agregat tanah

Menurut (Pawloska *et al.*, 2000), kontribusi mikoriza dalam pembentukan agregat tanah berpedoman pada: (i) pertumbuhan hifa ke dalam matriks tanah membentuk struktur rangka yang memegang partikel tanah utama secara bersama melalui ikatan fisik, (ii) akar dan hifa bersama-sama menciptakan lingkungan fisik dan kimia untuk menghasilkan bahan organik dan amorf untuk mengikat partikel, (iii) hifa dan mikroagregat jaringan akar masuk dalam struktur makroagregat, yang mempercepat kapasitas dan penyimpanan nutrisi karbon serta menyediakan habitat mikro bagi mikrobia tanah.

Fungi mikoriza pada lahan tercemar dapat berfungsi menjaga stabilitas tanah, dimana ia mampu membuat jaring-jaring eksternal hifa yang berperan dalam membentuk struktur makro dan mikroagregat tanah (Orlowska *et al.*, 2011). Fitoremediasi dengan melibatkan fungi mikoriza lebih efektif dibanding dengan hanya perlakuan tanaman saja. Pada penelitian (Janouskova *et al.*,

2006) mikoriza jenis *G. intraradices* mampu meningkatkan kandungan Cd pada miselium hingga 10-20 kali per unit dibandingkan akar tembakau tanpa mikoriza. Peran *G. intraradices* juga terlihat dengan menyerap berbagai logam seperti Zn, As dan Se (Giasson *et al.*, 2005). Sedangkan dengan tanaman *Vigna radiata*, *Glomus* sp mampu memblokir Zn yang terakumulasi pada akar tanaman (Shivakumar *et al.*, 2011).

2.6.1 Proses infeksi mikoriza pada akar

Terjadinya infeksi mikoriza pada akar tanaman melalui beberapa tahap, yaitu:

a) Pra infeksi

Mikoriza akan menghasilkan spora dalam jumlah yang sangat banyak. Spora ini berkecambah dan membentuk *apressorium* pada permukaan jaringan akar tanaman.

b) Infeksi

Apressorium yang telah terbentuk ini berfungsi untuk melekatkan diri pada permukaan akar dan sebagai persiapan menembus jaringan tanaman inang dengan cara menembus kutikula dan dinding sel epidermis akar.

c) Pasca infeksi

Setelah penetrasi pada akar berhasil, maka hifa mikoriza akan tumbuh secara interseluler di dalam akar. Arbuskula terbentuk di dalam sel setelah terjadi penetrasi. Arbuskula memiliki percabangan yang lebih kuat dibandingkan hifa. Pada saat pembentukan arbuskula, beberapa cendawan mikoriza juga akan membentuk vesikel pada bagian interseluler, dimana vesikel ini merupakan pembengkakan pada bagian apikal atau interkalar dan hifa.

d) Perluasan infeksi mikoriza dalam akar

infeksi mikoriza dalam jaringan akar tanaman ada tiga fase, yaitu fase awal, fase eksponensial, dan fase konstan. Fase awal terjadi saat infeksi primer berlangsung. Fase eksponensial terjadi ketika penyebaran dan pertumbuhan hifa mikoriza di dalam akar lebih

cepat. Sedangkan fase konstan terjadi ketika pertumbuhan akar dan mikoriza sama.

e) Perluasan hifa mikoriza dalam rhizosfer (zona perakaran)

Setelah terjadi infeksi primer, pertumbuhan hifa mikoriza keluar dari jaringan akar tanaman menuju rhizosfer tanah. Hifa mikoriza yang berada pada rhizosfer tanah disebut hifa eksternal yang berfungsi untuk penyerapan larutan nutrisi di dalam tanah dan sebagai alat transportasi nutrisi dari tanah menuju akar. Hifa eksternal ini tidak bersepta dan membentuk percabangan dikotom. (Talanca, 2010)

2.6.2 Interaksi mikoriza dengan tanaman

Interaksi mikoriza dengan tanaman nantinya akan membentuk struktur simbiotik. Melalui simbiosis dengan tanaman mikoriza ini berperan penting dalam pertumbuhan tanaman, perlindungan penyakit, dan peningkatan kualitas tanah sehingga mikoriza berperan penting dalam produktivitas tanaman.

a) Mikoriza berperan untuk meningkatkan penyerapan unsur hara dan pertumbuhan tanaman. Adanya simbiosis mikoriza dan akar tanaman akan mengatasi kekurangan unsur hara, terutama fosfor (P) di dalam tanah. Mikoriza dapat meningkatkan unsur hara dengan jalan memperkecil jarak antara akar dengan unsur hara tersebut. Hal ini terjadi melalui pembentukan hifa pada permukaan akar yang berfungsi sebagai pemanjangan akar. Dengan perluasan hifa mikoriza akan meningkatkan daya serap dari elemen-elemen yang imobil di dalam tanah (Sastrahidayat, 2011).

b) Simbiosis antara mikoriza dan akar tanaman dapat melindungi tanaman terhadap serangan patogen. Pengaruh infeksi mikoriza pada akar tanaman menunjukkan adanya perubahan morfologi, seperti terjadinya lignifikasi pada bagian sel endodermis akar sehingga membentuk penghalang terhadap penetrasi patogen. Selain itu, secara kimiawi juga dapat melindungi karena mikoriza mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol (zat antibiotik) pada akar tanaman, seperti flavonoid atau isoflavonoid.

Terjadinya akumulasi flavonoid ini disebabkan karena meningkatnya aktivasi enzim Phenylalanine Amonium Lyase (PAL) yang berfungsi untuk mensintesis kitinase dalam akar tanaman dan menginduksi ketahanan akar terhadap serangan patogen. Namun bila patogen lebih dahulu menyerang tanaman sebelum adanya infeksi mikoriza, maka mikoriza tidak akan berkembang secara optimal pada perakaran tanaman (Soenartiningih, 2011)

c) Mikoriza dapat membantu memperbaiki dan meningkatkan struktur agregat tanah. Hifa eksternal mikoriza yang berkembang ke dalam tanah dapat mengikat partikel-partikel dan membentuk agregat. sehingga jumlah partikel tanah yang teragregasi dapat sampai lima kali lebih banyak dibandingkan oleh tanah yang tidak bermikoriza. Dapat meningkatkan struktur tanah dengan menyelimuti butir-butir tanah. Stabilitas agregat dapat ditingkatkan oleh adanya gel polisakarida yang dihasilkan oleh mikoriza (Sastrahidayat, 2011)

d) Mikoriza membantu memperbaiki dan meningkatkan pertumbuhan tanaman khususnya di daerah miskin hara, pH rendah, dan kurang air. Hifa jamur mikoriza berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan akar dengan lengas tanah, sehingga lapisan tipis air dan alirannya ke akar dapat terpelihara. Tanaman bermikoriza tumbuh lebih cepat, serta melalui sistem perakaran yang dalam dan intensif, air dapat diperoleh dengan lebih efisien (Sastrahidayat, 2011).

2.6.3 Mekanisme mikoriza dalam menyerap logam berat

Menurut Hanum (2009) bahwasanya mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui penimbunan unsur tersebut dalam hifa cendawan. Mikoriza menghasilkan asam oksalat yang dapat mengikat Mn sehingga menjadi tidak larut. Menurut Sayer dan Gadd dalam akibat adanya gangguan kerja pada jaringan meristem, maka akan menghambat proses respirasi dan fotosintesis di tanaman. Munir (2006) asam oksalat yang

dihasilkan oleh mikroba dapat meningkatkan resistensi mikroba tersebut terhadap logam melalui pembentukan kompleks metal-oksalat yang bersifat tidak larut. Sehingga akar dan tajuk tanaman dengan mikoriza biasanya lebih rendah dibandingkan dengan tanaman tanpa mikoriza. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah hifa dari jamur mikoriza melakukan penyerapan unsur immobil untuk mendukung pertumbuhan inangnya dan jamur mengambil beberapa hasil dari fotosintesis (Liao *et al.*, 2003).

2.7 Glomus

Genus *Glomus* dicirikan dengan dibentuknya khlamidospora. Khlamidospora merupakan sel berdinding tebal hasil fragmentasi dari hifa selama proses perkembangbiakan. Khlamidospora dibentuk dalam sporokarp, akar, atau bebas dalam tanah. Pembentukan khlamidospora biasanya terminal, namun dapat pula membentuk spora intercalar dan spora-spora yang mempunyai lebih dari satu umbai basal. Khlamidospora berkecambah dengan memperbarui pertumbuhannya melalui hifa istirahat. Dinding sporanya dapat tunggal ataupun ganda. Pada spora masak berisi bercak-bercak cairan minyak yang ukurannya dapat beragam. Pada spora masak, isi spora terpisah dari umbai hifa oleh suatu septum yang terpisah oleh tebalnya dinding spora (Sastrahidayat, 2011).



Gambar 5. Spora *Glomus sp* (Puspitasari *et al.*, 2012)

Klasifikasi mikoriza menurut Sastrahidayat (2011):

Kingdom : Fungi
 Classis : Zygomycota
 Ordo : Glomales
 Familia : Glomaceae
 Genus : Glomus
 Species : *Glomus* sp

Glomus sp mampu hidup dan berkembang di bawah kondisi salinitas yang tinggi dan menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap penurunan kehilangan hasil karena salinitas (Lozano *et al.*, 2000). Dalam penelitian Aprilia dan Purwani (2013), menyatakan bahwa pemberian dosis mikoriza *Glomus fasciculatum* 25 gram dapat meningkatkan efisiensi serapan Pb pada tanaman euphorbia serta meningkatkan akumulasi logam Pb di akar tanaman euphorbia dan menghambat akumulasi Pb pada batang dan daun.

2.8 Mekanisme logam berat masuk ke dalam tumbuhan

Menurut (Hall, 2002) mekanisme logam berat masuk ke tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses sebagai berikut:

1. Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizhosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (*xilem* dan *floem*) ke bagian tanaman lainnya.
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel,

tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Logam berat masuk ke tanaman melalui sel akar dengan cara difusi aktif atau melalui transporter non-spesifik, jika konsentrasinya tinggi. Pada konsentrasi ini, logam berat mengganggu aktivitas kerja enzim dengan memodifikasi struktur protein atau mengganti elemen penting yang mengakibatkan gejala defisiensi. Plasma membran sangat rentan terhadap toksisitas logam berat ketika permeabilitas dan fungsi dipengaruhi oleh perubahan protein membran intrinsik seperti H^+ -ATP ase. Selain itu, produksi jenis oksigen reaktif menyebabkan kerusakan oksidatif jaringan tanaman yang terjadi akibat respon tingginya tingkat logam berat. Sebagai konsekuensinya, terjadi gejala menyerupai klorosis, pertumbuhan yang lambat, akar kecoklatan yang menurunkan efektivitas, berpengaruh terhadap fotosistem, gangguan terhadap siklus sel, dan lain sebagainya. Tanaman biasanya melakukan mekanisme umum dalam mempertahankan homeostasis di bawah konsentrasi ion logam berat yang tinggi (Leyval *et al.*, 2002).

Kemampuan organisme untuk melakukan toleransi dan resistensi terhadap logam dapat melibatkan lebih dari satu mekanisme berikut ini, yaitu: (i) ekspresi gen fungi, (ii) mengkarantina logam ekstraseluler dan pengendapannya, (iii) menghasilkan metalotionein (protein pengikat logam), (iv) menghindari logam (mengurangi penyerapan atau meningkatkan *efflux*, pembentukan kompleks di luar sel, pelepasan asam-asam organik, dan lain-lain), (v) khelasi intraseluler (sintesis ligan seperti polifosfat dan metalotionein), (vi) kompartemensi dalam vakuola daun, (vii) hilangnya daun selama musim dingin atau kering, (viii) status fosfor tanaman atau interaksi antara P dan logam (peningkatan P oleh tanaman inang), (ix) biosorpsi melalui glomalin, dan (x) volatilisasi (proses penguapan).

2.9 Fisiologi Tanaman Tercekam Logam Berat

Logam berat merupakan senyawa non esensial yang bersifat toksik bagi tanaman. Proses masuknya logam pada tanaman melalui akar dan disebarkan melalui proses yang lebih rumit lagi ke bagian lain dari tanaman. Akar akan mengakumulasi logam berat lebih besar, kemudian berturut-turut diikuti oleh bagian tanaman yang lain seperti batang dan terakhir pada bagian atas tanaman seperti daun dan pucuk. Dalam menyerap logam berat, tumbuhan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya. Enzim reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme khusus di dalam membran akar. Logam akan terakumulasi pada tumbuhan setelah membentuk kompleks dengan unsur atau senyawa lain. Salah satunya adalah *phytochelatin* yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin *phytochelatin* berfungsi membentuk kompleks dengan logam berat dalam tumbuhan dan berfungsi sebagai detoksifikasi terhadap tumbuhan dari logam berat, jika tumbuhan itu tidak bisa mensintesis *phytochelatin* akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan berakhir pada kematian, kadar tinggi *phytochelatin* ditemukan pada tumbuhan yang toleran terhadap logam berat (Sadah *et al.*, 2010).

Unsur N, P, dan K berperan penting dalam membantu pertumbuhan tanaman. Unsur N merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan dan perkembangan pada batang dan akar, unsur P selama pertumbuhan tanaman diperlukan untuk pertumbuhan akar dan pembelahan sel, sedangkan unsur K berfungsi dalam pengaturan mekanisme seperti fotosintesis translokasi karbohidrat, sintesa protein dan lain-lain. Proses fotosintesis membutuhkan klorofil sebagai pigmen yang akan menyebabkan sel-sel memiliki kemampuan menyerap energi cahaya sehingga menghasilkan gula dan karbohidrat.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2014 hingga April 2015, yang mana rincian pelaksanaannya bertempat di *Green House* Fakultas Pertanian UB untuk penyiapan media tanam seperti: penyemaian, penanaman, pengukuran hingga pemanenan. Laboratorium Jurusan Kimia UB : analisa tanah. Laboratorium Botani ITS : analisa perhitungan infeksi mikoriza.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *polybag*, timbangan analitik, sprayer, bak tanam, gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, batang pengaduk, tabung reaksi, gelas beker, plastik, oven, mikroskop, AAS (*Atomic Absorbance Spectrophotometer*), cawan Petri. Bahan yang digunakan antara lain: mikoriza jenis *Glomus* sp diperoleh dari Balai Besar Perbenihan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya. Tanah tanam dari daerah cangar kabupaten Malang. Bibit jarak pagar, lamtoro serta tanah endemis diperoleh dari Balittas Malang Jawa Timur.

3.3 Metode yang Digunakan

3.3.1 Penyiapan media tanam

Media yang digunakan adalah tanah tanam yang disterilisasi dengan formalin 5% sebanyak 2 liter, dimasukkan ke dalam sprayer, disemprotkan ke tanah sebanyak 56 kg (jumlah total semua perlakuan), diaduk merata, lalu dibungkus dengan plastik selama 7 hari dan setelah itu bungkus plastik dibuka, lalu tanah dikering-anginkan. Ditambahkan logam berat Mn dengan dosis 5 mg/l per masing-masing *polybag*, diamkan selama 24 jam agar dapat homogen dalam tanah. Selanjutnya tanah tanam dicampur dengan tanah endemis (tanah yang terkontaminasi

Fussarium oxysporum) dikarenakan *Fussarium oxysporum* selalu berasosiasi dengan tanaman bergenus *Solanum* khususnya tomat (*Solanum lycopersicum* Mill.) sehingga berpengaruh pada pertumbuhannya, dengan perbandingan (2 : 1) lalu dimasukkan ke dalam *polybag* dan diaduk sampai rata.

3.3.2 Penyemaian biji tanaman

Biji jarak pagar, direndam dalam air selama 24 jam. Kemudian, dimasukkan ke dalam media tanah (bak perkecambahan). Biji akan berkecambah setelah 7-10 hari, lalu dipindahkan ke *polybag* setelah muncul daun. Biji lamtoro dan tomat di semai dalam bak penyemian, setelah muncul daun bibit tersebut dipindahkan ke *polybag*.

3.3.3 Pencemaran tanah steril dengan Mn

Pencemaran dilakukan dengan cara mencampur tanah dengan logam Mn yang telah dilarutkan. Cara pembuatan larutan pencemar Mn buatan adalah sebagai berikut: dilarutkan 0,005 gram logam Mn dalam 30 ml asam nitrat 2 M pada gelas ukur 100 ml, lalu diencerkan dengan aquades. Selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml dan ditepatkan volumenya dengan aquades. Larutan ini setara dengan 5 mg/l atau 5 ppm kadar Mn.

3.3.4 Penyiapan tanaman

Tanah yang sudah disiapkan di dalam *polybag* lalu diinokulasikan mikoriza ke dalamnya dengan memberi lubang tanam pada kedalaman 2-5 cm sesuai perlakuan dosis. Kemudian bibit yang sudah muncul daun, di pindah ke *polybag* perlakuan.

3.4 Variabel pengamatan

3.4.1 Analisa logam berat Mn dalam tanah

Analisa logam berat tanah dilakukan di Laboratorium Kimia. Pengamatan dilakukan dengan mengambil masing-masing sampel tanah dalam *polybag* lalu dianalisis di dalam laboratorium. Ditimbang 10 g contoh tanah halus < 2mm. Ditambah 20 ml larutan pengekstrak DTPA (*dietilene triamine*

penta acetic acid), dikocok dengan mesin kocok selama 2 jam. Suspensi disaring atau disentrifus untuk mendapatkan ekstrak yang jernih. Ukur masing-masing unsur dengan alat AAS (*Atomic Absorbance Spectrophotometer*). Analisa dilakukan sebelum dan sesudah masa tanam ketiga tanaman tersebut.

3.4.2 Pengukuran

A. Berat basah dan berat kering tanaman

Pengukuran berat basah dilakukan pada akar, batang, dan daun tanaman. Pengukuran berat basah pada jarak pagar dan lamtoro dilakukan setelah tanaman dipanen berumur 2 bulan bersamaan dengan masa panen tomat yang berumur 1 bulan. Lalu bagian tanaman dipisahkan sehingga diperoleh 3 bagian tanaman yaitu akar, batang, dan daun. Akar kemudian dicuci dengan air, lalu diletakkan di atas kertas saring untuk menyerap sisa-sisa air cucian. Kemudian setelah air terserap, dilakukan penimbangan berat basah dengan menggunakan neraca analitik. Perlakuan yang sama dilakukan pada batang dan daun. Selanjutnya akar, batang dan daun dikeringkan pada suhu 70°C di dalam oven selama 2 hari. Akar batang dan daun yang telah benar-benar kering ditimbang dengan neraca analitik sehingga diperoleh berat kering akar, batang dan daun tanaman tersebut (Sastrahidayat, 2011).

B. Pertumbuhan tanaman

Pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan dengan menggunakan tinggi tanaman jarak pagar, lamtoro dan tomat. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan selama satu bulan, tinggi diukur dari permukaan media sampai pangkal pertumbuhan daun yang paling muda (Sitompul, 1995).

C. Perhitungan infeksi mikoriza

Perhitungan infeksi mikoriza pada akar, dilakukan dengan dibuat terlebih dahulu preparat akar semi permanen. Persen infeksi mikoriza dihitung dari jumlah akar yang terinfeksi dari 15 potongan akar yang diamati dari masing-masing tanaman. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop ditandai dengan adanya vesikel atau arbuskula dalam korteks akar

tanaman. Persen infeksi mikoriza dihitung berdasarkan rumus (Alkareji, 2008):

$$\%Terinfeksi = \frac{\Sigma \text{akar yang terinfeksi}}{\Sigma \text{seluruh akar}} \times 100\%$$

D. Jumlah helai daun

Perhitungan jumlah helai daun dilakukan pada daun yang sehat dan yang terkena penyakit. Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap minggu selama 4 minggu masa tanam.

3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang dilakukan adalah dengan memberikan dosis mikoriza yang berbeda-beda pada tanaman Jarak pagar, lamtoro dan tomat yaitu 0 gram, 10 gram, 30 gram, 50 gram, 70 gram 90 gram dan 110 gram. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali. Analisis statistika menggunakan ANOVA *one-way* pada taraf 5%, analisa Anova meliputi (tinggi tanaman, biomassa dan jumlah daun). Kemudian diadakan uji lanjutan dengan uji dunnet untuk mengetahui tingkat perbedaan dari setiap perlakuan. Adapun di bawah ini adalah perlakuan dosisnya:

P0₁, P0₂, P0₃= Kontrol tanpa mikoriza

P1 = Tanah tanam + endemis + 10 g mikoriza + Mn

P2 = Tanah tanam + endemis + 30 g mikoriza + Mn

P3 = Tanah tanam + endemis + 50 g mikoriza + Mn

P4 = Tanah tanam + endemis + 70 g mikoriza + Mn

P5 = Tanah tanam + endemis + 90 g mikoriza + Mn

P6 = Tanah tanam + endemis + 110 g mikoriza + Mn

Keterangan kontrol :

P0₁ = Tanaman Jarak

P0₂ = Tanaman Lamtoro

P0₃ = Tanaman Tomat

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Pemberian Mikoriza dan Logam Mn Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan tanaman yang mengakibatkan perubahan pada ukuran tanaman yang selanjutnya menentukan hasil tanaman. Pertambahan ukuran tubuh tersebut secara keseluruhan merupakan hasil pertambahan ukuran bagian-bagian tanaman akibat dari pertambahan jaringan yang dihasilkan oleh pertambahan ukuran dan jumlah sel. Pertumbuhan tanaman dapat diamati melalui tinggi tanaman, luas daun, dan berat kering tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995). Tinggi tanaman merupakan ukuran tanaman yang sering diamati sebagai indikator pertumbuhan untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan karena tinggi tanaman merupakan ukuran yang mudah dilihat (Sitompul dan Guritno, 1995).

4.1.1 Tinggi Tanaman Jarak Pagar

Tabel 2. Tinggi tanaman jarak pagar pada berbagai dosis (Lampiran 1).

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
	Jarak Pagar
Mikoriza 0 g	1,877 a
Mikoriza 10 g	24,722 b
Mikoriza 30 g	26,115 b
Mikoriza 50 g	21,510 b
Mikoriza 70 g	25,370 b
Mikoriza 90 g	22,065 b
Mikoriza 110 g	24,407 b

Keterangan: Angka-angka yang tidak bernotasi huruf a menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol berdasarkan uji Dunnet dengan taraf signifikan 95%.

Tabel 2 perlakuan dosis 10-110g pada tanaman jarak pagar memberikan hasil berbeda nyata terhadap perlakuan 0 gram tanpa pemberian mikoriza. Pemberian dosis 10g merupakan dosis terbaik untuk meningkatkan tinggi tanaman jarak pagar, karena dengan dosis tersebut mikoriza sudah dapat menginfeksi akar tanaman serta memaksimalkan potensi kerjanya dalam meningkatkan tinggi tanaman. Tanaman *hyperaccumulator* ini tahan terhadap cekaman ia mempunyai serabut akar yang lebih banyak, sehingga daerah resapan yang dihasilkan oleh hifa dalam akar akan cenderung lebih luas untuk menyerap unsur hara dalam tanah yang berpengaruh ke pertumbuhan tanaman tersebut. Sastrahidayat (2011) menyatakan bahwa infeksi mikoriza dapat membantu tanaman dalam menyediakan nutrisi yang diperlukan dalam pertumbuhan dan pemanjangan sel-sel batang. Penggunaan arbuskula mikoriza berguna sebagai bioremediasi lingkungan. Arbuskula mikoriza sering dijadikan dasar dalam upaya bioremediasi lahan kritis (BPTP Sumut, 2010).

Peningkatan pertumbuhan tanaman bermikoriza disebabkan meningkatnya kegiatan fisiologis tanaman dalam pengambilan nutrisi di tanah. Mikoriza berperan dalam meningkatkan penyerapan nutrisi dalam tanah dan kandungan hormon pertumbuhan tanaman. Aktivitas hormon auksin dapat menambah pengembangan sel-sel di daerah meristem sehingga sel tersebut menjadi lebih panjang dan berkembang. Rossiana (2003) menyatakan bahwa logam berat dapat mengganggu kerja enzim, sehingga mengganggu proses metabolisme pada tanaman, dan berpengaruh pada pembentukan sel-sel dan jaringan tanaman, khususnya pada jaringan meristem. Logam berat dapat memasuki tanah melalui sumber yang berbeda-beda sehingga menjadi polutan. Pupuk, pestisida, penambahan bahan organik dan anorganik, residu limbah dan lumpur aktif mengandung sejumlah logam berat (Yulipriyanto, 2010).

4.1.2 Biomassa Tanaman Jarak Pagar

Tabel 3. Biomassa tanaman jarak pagar pada berbagai dosis (Lampiran 2).

Perlakuan	Akar	Batang	Daun
Mikoriza 0 g	0,508a	0,43 a	0,433a
Mikoriza 10 g	6,160a	35,98b	8,275a
Mikoriza 30 g	8,995b	48,05b	8,463a
Mikoriza 50 g	7,325b	44,59b	6,663a
Mikoriza 70 g	8,627b	48,38b	4,987a
Mikoriza 90 g	7,713b	43,09b	3,785a
Mikoriza 110 g	9,705b	50,22b	6,872a

Keterangan: Angka-angka yang tidak bernotasi huruf a menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol berdasarkan uji Dunnet dengan taraf signifikan 95%.

Pada Tabel 3 di atas terlihat bahwa biomassa akar tanaman jarak pagar dosis 30-110g berbeda nyata dengan kontrolnya. Dosis 30g merupakan dosis terbaik pada biomassa akar, sehingga suplai unsur hara yang lebih akan meningkatkan aktivitas protoplasma sel sehingga menunjang pertumbuhan sel. Dengan adanya pertumbuhan sel pada jaringan yang baik dalam akar, maka akan meningkatkan biomassa akar tanaman (Delvian, 2005).

Biomassa batang dengan dosis 10-110g berbeda nyata dengan kontrol, dosis terbaiknya adalah 10g. Pada bagian batang, khususnya tanaman jarak pagar memiliki berat kering yang cukup besar, karena di batang kambium akan mengalami penambahan luas diameter pertumbuhan sehingga menambah pertumbuhan berat masa pada bagian batang. Serapan unsur hara yang optimal dapat memaksimalkan aktivitas metabolisme tanaman. Peningkatan aktivitas pertumbuhan tanaman tentunya akan meningkatkan berat kering tanaman tersebut secara keseluruhan, khususnya pada daerah batang. Hal ini dapat terjadi karena adanya kemampuan akar bermikoriza dalam menyerap unsur hara dan air. Dengan meningkatnya perkembangan sel tanaman maka

pertumbuhan tanaman akan meningkat dan turut juga meningkatkan besarnya diameter batang jarak pagar. Tanaman bermikoriza memiliki berat kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tidak bermikoriza (Delvian, 2005).

Biomassa daun jarak pagar tidak berbeda nyata dengan kontrol, hal ini disebabkan biomassa daun tanaman tersebut mengalami penimbunan pada hasil bersih asimilasi CO_2 sepanjang pertumbuhan. Hal ini dipengaruhi oleh efisiensi pemanfaatan energi matahari yang digunakan untuk fiksasi CO_2 (Gardner *et al.*, 1991). Unsur hara yang diserap oleh akar tanaman akan dimanfaatkan untuk memacu proses fotosintesis di daun. Hasil dari fotosintesis tersebut akan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Gardner, 1991). Dengan demikian pemberian mikoriza menunjukkan bahwa mikoriza telah mampu berinteraksi dengan akar jarak pagar dalam membantu penyerapan hara.

4.1.3 Tinggi Tanaman Lamtoro

Tabel 4. Tinggi tanaman lamtoro pada berbagai dosis (Lampiran 1).

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm) Lamtoro
Mikoriza 0 g	2,035a
Mikoriza 10 g	19,703b
Mikoriza 30 g	20,845b
Mikoriza 50 g	19,903b
Mikoriza 70 g	21,520b
Mikoriza 90 g	19,083b
Mikoriza 110 g	20,747b

Keterangan: Angka-angka yang tidak bernotasi huruf a menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol berdasarkan uji Dunnet dengan taraf signifikan 95%.

Tinggi tanaman lamtoro berbeda nyata pada dosis 10-110g, dan dosis terbaik untuk meningkatkan tinggi tanaman lamtoro

adalah 10g, hal ini dikarenakan mikoriza pada dosis tersebut masuk ke bagian hifa di akar sehingga memperluas jaringannya di dalam tanah agar nutrisi lebih banyak terserap untuk dapat mendukung pertumbuhan tinggi tanaman bermikoriza. Selain itu tanaman lamtoro ini merupakan tanaman *hyperaccumulator* yang ditanam 2 bulan lebih awal sehingga potensi hifa mikoriza untuk masuk ke jaringan akar lebih besar.

4.1.4 Biomassa Lamtoro

Tabel 5. Biomassa tanaman lamtoro pada berbagai dosis (Lampiran 2).

Perlakuan	Akar	Batang	Daun
Mikoriza 0 g	0,3975a	0,7100a	1,652a
Mikoriza 10 g	1,2200a	1,3925a	2,565a
Mikoriza 30 g	0,8025a	1,5925a	2,567a
Mikoriza 50 g	0,5400a	1,2975a	1,755a
Mikoriza 70 g	0,7875a	1,5950a	2,402a
Mikoriza 90 g	1,2900a	1,8650b	2,370a
Mikoriza 110 g	1,0475a	2,2100b	2,835a

Keterangan: Angka-angka yang tidak bernotasi huruf a menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol berdasarkan uji Dunnet dengan taraf signifikan 95%.

Pada akar lamtoro menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol, dikarenakan struktur akar lamtoro lebih pendek dan serabut akarnya lebih sedikit, sehingga logam berat yang masuk ke dalam akarnya dapat menyebabkan terbatasnya jumlah fosfor, kalium, dan besi yang ada di dalam jaringan akar, yang akibatnya akan memperlambat pertumbuhan akar dan perkembangan jaringan meristem. Ion logam dapat mengganggu kerja enzim, sehingga mengganggu proses metabolisme pada tanaman dan berpengaruh terhadap pembentukan sel-sel dan jaringan tanaman, khususnya pada jaringan meristem. Akibat adanya gangguan kerja pada jaringan meristem, maka akan menghambat pembentukan dan perpanjangan organ tanaman.

Kekurangan fosfor juga mengakibatkan perakaran tanaman menjadi sangat kurang dan tidak berkembang serta menghambat proses respirasi dan fotosintesis pada tanaman sehingga pembentukan luas daun terhambat (Rossiana, 2003). Sementara pada batang lamtoro dosis 90 dan 110g menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol, dosis 90g adalah dosis terbaik dalam meningkatkan biomassa batang lamtoro. Dikarenakan biomassa batang pada tanaman tersebut mengalami peningkatan berat massanya, juga dimungkinkan bahwasanya pada dosis tersebut mikoriza memaksimalkan potensinya dalam meningkatkan biomassa suatu tanaman. Morfologi dari batang lamtoro sendiri cenderung lebih kecil ukurannya yang masa tanamnya tidak lebih dari dua bulan sehingga berpengaruh terhadap berat kering/biomassanya.

Biomassa daun lamtoro tidak berbeda nyata terhadap kontrol dikarenakan struktur morfologi daun lamtoro lebih kecil meskipun ditambah dengan perlakuan dosis mikoriza yang berbeda akan tetap menghasilkan biomassa yang tidak jauh berbeda dengan kontrol. Perkembangan daun yang lebih baik membuat tanaman mampu melakukan fotosintesis lebih optimal, karena daun menerima cahaya matahari sebagai energi utama dalam proses fotosintesis menjadi lebih luas. Berat kering tanaman menandakan efisiensi hasil fotosintesis yang disimpan di dalam jaringan tanaman (Junaedi, 2011). Peningkatan berat kering dipengaruhi oleh pertumbuhan vegetatif tanaman itu sendiri, seperti tinggi tanaman dan jumlah daun. Akar tanaman yang bermikoriza memperlihatkan pertumbuhan tanaman lebih baik bila dibandingkan dengan tanaman yang tidak terinfeksi mikoriza, sehingga proses fotosintesis yang berlangsung juga akan optimal (Talanca, 2010).

4.1.5 Tinggi Tomat

Tabel 6. Tinggi tanaman tomat pada berbagai dosis (Lampiran 1).

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)
	Tomat
Mikoriza 0 g	6,890a
Mikoriza 10 g	8,610a
Mikoriza 30 g	8,818a
Mikoriza 50 g	9,755a
Mikoriza 70 g	12,570a
Mikoriza 90 g	14,485b
Mikoriza 110 g	17,240b

Keterangan: Angka-angka yang tidak bernotasi huruf a menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol berdasarkan uji Dunnet dengan taraf signifikan 95%.

Pada tanaman tomat dengan dosis 90-110g memberikan hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Dosis 90g adalah dosis terbaik untuk meningkatkan tinggi tanaman tomat, dikarenakan tanaman ini bukan golongan tanaman *hyperaccumulator*, dimana ia membutuhkan dosis mikoriza yang lebih tinggi untuk meningkatkan pertumbuhannya ketika hidup dalam kondisi tercekam logam berat. Ia juga termasuk jenis tanaman pangan yang tidak mempunyai mekanisme pertahanan untuk dapat tumbuh di lahan yang tercemar logam Mn. Maka ia hanya menggunakan mikoriza untuk dapat membantu pertumbuhan tingginya agar tidak cepat mati. Sehingga penambahan tinggi tanaman pun sesuai dengan dosis yang diberikan. Semakin tinggi pemberian dosis maka semakin tinggi pula penambahan tinggi tanaman. Di samping itu karena usia pengukuran tanaman tomat hanya sebulan setelah masa penanaman, maka tinggi yang dihasilkan pada tanaman dengan mikoriza dosis 90g merupakan yang terbaik. Sehingga mikoriza yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan memproduksi jalinan hifa secara intensif. Ukuran hifa yang halus akan memungkinkan hifa bisa menyusup ke pori-pori tanah yang

paling kecil (mikro), dalam hal ini hifa bisa menyerap air pada kondisi kadar air yang sangat rendah. Dengan adanya peran mikoriza dalam membantu penyerapan air dan unsur hara, maka sel tumbuhan akan cepat tumbuh dan berkembang, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman (Rossiana, 2003).

4.1.6 Biomassa Tomat

Tabel 7. Biomassa tanaman tomat pada berbagai dosis (Lampiran 2).

Perlakuan	Akar	Batang	Daun
Mikoriza 0 g	0,1275a	0,0900a	0,0000a
Mikoriza 10 g	1,0275a	1,5650b	1,0825a
Mikoriza 30 g	1,1775a	1,4925b	1,2300a
Mikoriza 50 g	1,5975b	1,8975b	0,4625a
Mikoriza 70 g	2,1125b	1,9875b	0,7850a
Mikoriza 90 g	2,2950b	2,0075b	1,8225b
Mikoriza 110 g	2,5850b	1,8725b	1,9200b

Keterangan: Angka-angka yang tidak bernotasi huruf a menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol berdasarkan uji Dunnet dengan taraf signifikan 95%.

Biomassa akar tanaman tomat pada dosis 50-110g berbeda nyata terhadap kontrol, dengan dosis terbaiknya adalah 50g. Sementara untuk biomassa batangnya dosis 10-110g berbeda nyata terhadap kontrol dengan dosis terbaiknya adalah 10g, struktur batang tomat lebih lunak sehingga biomassa tanaman ini tidak mengalami peningkatan yang terlalu tinggi. Sementara untuk biomassa daun tanaman tomat dosis terbaiknya adalah 90g, karena jumlah daun pada tanaman tomat cenderung berkurang akibat banyak yang keracunan logam Mn sehingga mayoritas perlakuan mengalami kematian, sebelum masa panen berlangsung. Penurunan biomassa tanaman dipengaruhi oleh adanya toksisitas logam yang menyebabkan: 1) sulit memperoleh air karena pengaruh osmotik yang timbul dari kadar larutan yang berlebih, dimana masalah osmotik tanaman dikarenakan ion-ion

tertentu mencapai kadar larutan yang tinggi. Jika tanaman ditempatkan dalam larutan dengan potensial air yang lebih rendah dari pada xylem akar, maka pengambilan air akan berhenti, karena potensial osmotik dari larutan lebih besar dari pada yang terdapat dalam tanaman, sehingga tidak ada penyesuaian osmotik. Hal ini akan mengakibatkan pengambilan air tidak memungkinkan, 2) sulit memperoleh hara karena adanya kompetisi antara ion-ion, dimana akar-akar tanaman mengabsorpsi ion dari media kompleks yang mengandung tidak hanya satu atau lebih ion hara yang esensial, tetapi juga ion non esensial dan senyawa organik. Apabila terjadi ketidakseimbangan yang berat dalam suplai ini, tanaman mungkin tidak mampu mengambil hara secara efisien. Baik karena pengaruh langsung dari ion-ion toksik pada metabolisme atau fungsi akar, atau karena disebabkan oleh kompetisi atau interaksi dengan ion-ion hara serta (3) sulit memperoleh CO_2 , dimana CO_2 digunakan sebagai bahan dasar dari proses fotosintesis tidak akan berjalan dengan sempurna. Dan (4) penerimaan sinar, akibatnya pertumbuhan tanaman akan mengalami hambatan atau terhenti (Rossiana, 2003).

4.2 Pengaruh Pemberian Mikoriza dan Logam Mn terhadap Jumlah Daun Tanaman

Tabel 8. Jumlah Daun Tanaman (Lampiran 3)

Perlakuan	Jumlah Daun		
	Jarak pagar	Tomat	Lamtoro
Kontrol	2,938 a	4,250 a	2,438 a
Mikoriza 10 g	7,313 b	4,688 a	4,750 a
Mikoriza 30 g	8,938 b	4,875 a	5,250 b
Mikoriza 50 g	7,375 b	5,188 a	4,500 a
Mikoriza 70 g	7,438 b	5,875 a	4,063 a
Mikoriza 90 g	5,938 a	6,750 a	2,563 a
Mikoriza 110 g	8,563 b	7,875 b	5,563 b

Keterangan: Angka-angka yang tidak bernotasi huruf a menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol berdasarkan uji Dunnet dengan tingkat kepercayaan 95%.

Jumlah daun pada tanaman jarak dengan dosis 90g hasilnya tidak berbeda nyata dengan kontrol dikarenakan pada dosis tersebut jumlah daun pada jarak pagar mengalami keracunan Mn yang berlebih. Sehingga dosis mikoriza yang diberikan pun tidak dapat membantu penambahan jumlah daun yang ada. Hal ini senada dengan jumlah daun pada tanaman lamtoro pada dosis 50-90g tidak berbeda nyata terhadap kontrol, dikarenakan pada dosis itu mikoriza belum dapat menginfeksi secara sempurna sehingga logam berat yang masuk ke dalam tubuh tanaman untuk mentranslokasikan dirinya ke bagian daun tanaman dan menjadikan daun berwarna kuning. Menguningnya warna daun membuktikan bahwasanya ia menyerap Mn dalam tubuhnya. Sehingga ia tidak mampu bertahan hidup hingga akhir masa panen. Di samping itu media yang telah dicemari logam dengan konsentrasi tertentu sangat memberikan pengaruh besar terhadap pertumbuhan. Untuk tanaman yang bukan golongan *hyperaccumulator* seperti tomat akan cepat mengalami kematian meskipun sudah menggunakan mikoriza sebagai pupuk hayatinya. (Widyati, 2008).

Penambahan mikoriza pada dosis ini akan memaksimalkan potensinya pada kondisi tanah yang mengandung logam Mn yang dapat membantu tanaman *hyperaccumulator* dalam penyerapan unsur hara seperti N, K, Mg, Fe, Mn, Cu, dan Zn, yang merupakan bahan-bahan yang berperan dalam pembentukan klorofil (Rossiana, 2003). Dengan adanya klorofil maka akan meningkatkan proses fotosintesis yang akan berpengaruh baik terhadap jumlah daun dan luas daun. Pengangkutan hasil fotosintesis ke akar menentukan kemampuan akar untuk menyerap dan memperoleh hara. Mikoriza memiliki jaringan hifa eksternal dimana hifa tersebut memiliki ukuran yang lebih halus dari bulu-bulu akar yang memungkinkan untuk dapat

masuk ke pori-pori tanah yang paling kecil (mikro) sehingga bisa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah. Sel akar yang terinfeksi mikoriza ukurannya akan semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh hifa ekstraseluler yang memperluas permukaan penyerapan unsur hara (Delvian, 2005).

Tanaman tomat dosis 110g berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Hal tersebut diduga karena spora-spora mikoriza yang diberikan pada media tanam telah berkecambah dan mulai membentuk struktur-struktur fungsional yang dapat membantu tanaman dalam penyerapan air dan unsur hara. Menurut Widiastuti (2005), perkecambahan spora mikoriza ditentukan oleh beberapa faktor lingkungan, seperti O_2 , CO_2 , kelembapan, suhu, dan unsur hara tanah. Smith (2008) menyebutkan bahwa mikoriza membutuhkan waktu 2-3 minggu untuk menginfeksi perakaran tanaman.

4.3 Infeksi Mikoriza

Tabel 9. Persentase Infeksi Mikoriza

Perlakuan	Tanaman		
	Jarak	Lamtoro	Tomat
Kontrol	40 %	33%	0%
10 g	93%	70%	53%
30 g	93%	70%	53%
50 g	93%	73%	70%
70 g	100%	80%	70%
90 g	100%	80%	80%
110 g	100%	80%	80%

Persentase infeksi akar tanaman yang diinokulasi mikoriza lebih tinggi dari pada yang tidak diinokulasi, mikoriza dengan konsentrasi 70 gram sudah dapat memberikan hasil yang baik, yakni 100% infeksi akar pada jarak pagar dan 80% infeksi akar pada lamtoro. Dimana hal ini mengindikasikan keberhasilan inokulasi. Serabut akar yang dimiliki jarak pagar lebih luas sehingga penyerapan unsur hara dari dalam tanah pun tinggi yang

mengakibatkan infeksi mikoriza pun juga baik. Mikoriza meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tingkat kesuburan tanah yang rendah, lahan terdegradasi dan membantu memperluas fungsi sistem perakaran dalam memperoleh nutrisi (Galii *et al.*, 1993). Menurut Garg & Chandel (2010), dalam hal ini akan meningkatkan luas permukaan kontak dengan tanah, sehingga meningkatkan daerah peyerapan akar hingga 47 kali lipat, yang mempermudah melakukan akses terhadap unsur hara di dalam tanah. Penyerapan unsur-unsur mikro oleh tanaman bermikoriza tergantung kepada beberapa faktor, yaitu kondisi fisik kimia tanah, tingkat kesuburan tanah, pH, jenis tanaman, serta konsentrasi unsur-unsur mikro di dalam tanah. Mikoriza membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai sehingga keberhasilan inokulasi tidak hanya berdasarkan kecocokan dengan tanaman inang, namun juga harus sesuai dengan kondisi tanah atau medium tanam. Sementara infeksi mikoriza pada akar tomat mencapai 80% dengan dosis 90g karena tanaman tomat mengalami pertumbuhan yang cukup baik sehingga infeksi akarnya pun cukup baik. Delvian (2005) menyatakan, bahwa persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman meningkat erat kaitannya dengan unsur hara dalam tanah yang rendah. Meningkatnya infeksi mikoriza juga diduga karena adanya kerjasama yang saling menguntungkan antara mikoriza dengan tanaman sehingga mikoriza mampu berkembang secara baik. Mikoriza telah mampu berinteraksi dengan perakaran tanaman dan terjadi simbiosis mutualisme yang dapat meningkatkan persentase infeksi mikoriza. Suharno dan Santoso (2005) menyatakan bahwa pemberian inokulum mikoriza dapat meningkatkan mikoriza yang ada di dalam tanah sehingga infeksi mikoriza pada akar tanaman inang juga akan meningkat. Pada perlakuan tanpa pemberian mikoriza arbuskula ternyata akar tanamannya juga terinfeksi oleh mikoriza. Adanya infeksi pada akar terjadi, akibat adanya infeksi secara alami oleh spora mikoriza yang terdapat pada medium tanam, akan tetapi

spesiesnya belum diketahui. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap jenis tanah kemungkinan terdapatnya spora akan selalu ada.

Tabel 10. Hasil analisa Mn dengan mikoriza pada berbagai dosis (Lampiran 5)

No	Dosis	Hasil analisa Mn	
		Kadar	Satuan
1.	0 gram	$11,75 \pm 0,02$	mg/kg
2.	10 gram	$09,93 \pm 0,03$	mg/kg
3.	30 gram	$08,82 \pm 0,01$	mg/kg
4.	50 gram	$08,27 \pm 0,04$	mg/kg
5.	70 gram	$08,05 \pm 0,03$	mg/kg
6.	90 gram	$07,45 \pm 0,05$	mg/kg
7.	110 gram	$07,39 \pm 0,04$	mg/kg

Tabel di atas menunjukkan hasil analisa Mn yang diperoleh setelah perlakuan selesai dilakukan, diketahui bahwasanya terjadi penurunan kadar Mn dalam media tanam yang mengandung Mn. Sebelum diaplikasikan berkadar 12,39 mg (lampiran 4) setelah diberikan perlakuan dosis maka kadarnya menurun sesuai dengan pemberian konsentrasi mikoriza yang diaplikasikan. Semakin tinggi dosis mikoriza yang diberikan maka kadar logam Mn dalam tanah pun semakin menurun, hal tersebut terbukti pada dosis 110g dengan diperoleh kadar $07,39 \pm 0,04$ mg/kg. Penyerapan logam oleh tanaman bermikoriza lebih efektif dibandingkan dengan tanaman tidak bermikoriza. Mekanisme perlindungan logam berat dan unsur toksik oleh mikoriza dapat melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi. Karena diketahui mikoriza dapat mengikat logam tersebut pada gugus karboksil dan senyawa pektak (hemiselulosa) pada matriks antara permukaan kontak mikoriza dan tanaman inang, pada selubung polisakarida dan dinding sel hifa (Rossiana, 2003).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pemberian mikoriza berpengaruh terhadap tinggi tanaman jarak pagar, tomat dan lamtoro. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya pengaruh berbeda nyata terbaik terhadap tinggi, biomassa, dan jumlah daun dari ketiga tanaman tersebut.

- a) Dosis mikoriza terbaik untuk tinggi tanaman adalah: 10g pada jarak pagar dan lamtoro, 90g pada tomat.
- b) Biomassa akar: 30g pada jarak pagar, 50g pada tomat, sementara pada lamtoro tidak berbeda nyata.
- c) Biomassa batang: 10g pada jarak pagar dan tomat, 90g pada lamtoro.
- d) Biomassa daun: jarak pagar dan lamtoro tidak berbeda nyata dengan kontrol, 90g pada tomat.
- e) Dosis terbaik untuk jumlah daun: 10g pada jarak pagar, 30g pada lamtoro, dan 110g pada tomat.

Sehingga dalam hal ini penggunaan metode cawan dengan aplikasi mikoriza sebagai agen hayati di atas cukup efektif untuk memaksimalkan potensi kerjanya khususnya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pada lahan yang tercemar logam berat.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai fisiologi sel dari ketiga tanaman yang menjadi bahan pada penelitian ini. Dimana ia berasosiasi dengan mikoriza yang mengakumulasi logam Mn sehingga dapat diketahui bagian dari sel tanaman yang terpengaruh oleh adanya penyerapan Mn.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Alkareji. 2008. Pemanfaatan Mycorrhizal Helper Bacteria (Mhbs) dan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) di Persemaian. Tugas Akhir. Institut Pertanian Bogor. Departemen Silvikultur, Bogor.

Alloway, B.J. and D.C. Ayres, 1997. **Chemical Principles of Environmental Pollution**, 2nd Edition, Blackie Academic and Professional Chapman & Hall London.

Aprilia, D.D. dan Purwani, K.I. 2013. Pengaruh Pemberian Mikoriza terhadap Akumulasi logam Pb Pada Tanaman *Euphorbia milii*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Program Studi Biologi. Surabaya.

BPTP. 2010. Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung. Balai pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara. Medan.

Buhani. 2007. Alga Sebagai bioindikator dan Biosorben Logam Berat Bagian: 1 diakses pada <<http://www.chemistry.org>>[2 Juni 2015].

Chehregani, A. and B.E. Malayeri. 2007. Removal of Heavy Metals by Native Accumulator Plants. **International Journal of Agriculture & Biology**. Vol. 9, No. 3, 2007.

Dinel, H., Pare, T., Schnitzer, M., Pelzer, N. 2000. Direct land application of cement kiln dust and lime-sanitized biosolids: extractability of trace metals and organic matter quality. **Geoderma** 96:307-320.

Delvian. 2005. Pengaruh Cendawan Mikoriza Arbuskula Dan Naungan Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii* BL.). **Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian Agrisol** Vol. 4, No. 1 Juni 2005.

Elliot, H.A., Liberaly and Huang. 1986. Competitive Adsorption of Heavy Metal by Soil. **J. Environ** 364-219.

Galii, U., Meier, M., Brunold, C. 1993. Effect of cadmium on non-mycorrhizal and mycorrhizal fungus (*Laccaria laccata* Scop.Ex.Fr)Bk and Br : sulphate reduction, thiols and distribution of the heavy metal. **New Phytol** 125:837-843.

Gardner, Franklin P., R. Brent Pearce., Roer L. Mitchell. 1991. **Fisiologi Tanaman Budidaya**. Jakarta : UI Press.

Garg, N. and Chandel, S. 2010. Arbuscular mycorrhizal networks: process and function. A review. **Agron Sustain Dev** 30: 581-559.

Ghamdi, A., Jais, M., and Khogali, A. 2012. Relationship Between the status of Arbuscular Mycorrhizal Colonization in the Roots and Heavy Metals and Flavonoid Content In The Leaves of *Juniperus procera*. **Journal of Ecology and The Natural Environment** Vol. 2(8), pp. 212-218, May 2012.

Gedoan, S.P., Hartana, A., Hamim, Widyastuti, U., Sukarno, N. 2008. The Growth of Castor Oil Plant (*Jatropha curcas* L.) On The Post Tin-Mining Land In Bangka Provided With Organic Fertilizer. Sinar Baru Village. District of Bangka.

[GFU] Global Facilitation Unit for Underutilized Species and [GTZ] Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, GmbH. 2004. **Case Study *Jatropha Curcas***. Hartlieb Euler, David Gorris, Hagenstr. 16 Frankfurt, Germany.

Giasson, P., Jaouich, A., Gagne, S., Moutoglis, P. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi involvement in zinc and cadmium speciation change and phytoaccumulation. **Remediation J** 15 (2): 75-81.

Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. **J Exp Bot**, Vol. 53 issue 366, p.1-11.

Hamidah. 2010. Citing Computer References: Jenis dan kegunaan unsur hara diakses pada <<http://hamidahmamur.wordpress.com/jenis-dan-kegunaan-unsur-hara/>> [20 Desember 2014].

Hanum, C. 2009. **Ekologi Tanaman**. USU Press. Medan.

Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. BS, Vol. 44, No. 1 Juni 2009, Halaman 27-40.

Heller, J. 1996. **Physic Nut**, *Jatropha curcas L.* – Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crop 1. International Plant Genetic Resources Institut. Rome. 66p.

Henning, R.K. 2004. The *Jatropha* System- Economy & Dissemination Strategy Integrated Rural Development by Utilisation of *Jatropha curcas L.* (JLC) s Raw Material and as Renewable Energy Presentation of “ **The Jatropha System at the International Conference**” Renewable 2004 in Bonn, Germany, 1-4 June 2004.

Imas, T., Hadioetomo, R.S., Gunawan, A.W., Setiadi, Y. 1989. **Mikrobiologi Tanah II**. Departement Pendidikan dan

Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.

Janouskova, M., Pavlova, D., Vosatka, M. 2006. Potential contribution of arbuscular mycorrhiza to cadmium immobilization in soil. **Chemosphere** 62: 1959-1965.

Junaedi, Wahyu dan Yudiwati, 2011. Uji Daya Hasil Galur-Galur Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Tahan Penyakit Bercak Daun. Makalah Seminar Departemen Agronomi dan Hortikultura. Institut Pertanian Bogor.

Karti, P.D. 2004. Pengaruh Pemberian Cendawan Mikoriza Arbuskular Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Rumput *Setaria splendida* Stap yang mengalami cekaman Kekeringan. **Jurnal Media Peternakan**. 27(2).

Kartika, Elis, Lizawati dan Hamzah. 2014. Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskular Terhadap Bibit Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) pada Media Tanah Bekas Tambang Batu Bara. **Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014**.

Khan, A.G. 1993. Effect of various soil environment stresses on the occurrence, distribution and effectiveness of VA mycorrhizae. **Journal Biotropia** 8: 39-44.

Kilham, K. 1994. **Soil Ecology**. Cambridge University Press.

Kramer, U., J.D. Cotter-Howells, J.M. Charnock, A.J.M. Baker, J.A.C. Smith. 1996. Free Histidine As A Metal Chelator In Plants That Accumulate Nickel. **Nature**. 379:635-638.

Levy, C., Joner, E.J., Val, C.del., Haselwandter, K. 2002. Potential of arbuscular mycorrhizal fungi for bioremediation. In:

Gianinazzi S, Schuepp H, Barea JM, Haselwandler K (eds) **Mycorrhizal Technology in Agriculture**. Buerkhluser Verlag, Switzerland.

Liao, J.P., Lin, X.G., Cao, Z.H., Shi, Y.Q., Wong, M.H. 2003. Arbuscular mycorrhizae and heavy metals under sand culture experiment. **Chemosphere** 50: 847-853.

Lozano, JMR., and Azcon, R. 2000. Symbiotic efficiency and effectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. from saline soils and *Glomus deserticola* under salinity. **Mycorrhiza** 10/3 : 137-143.

Ma, L.Q., and Rao, G.N. 1997. Heavy metals in environment-chemical fractionation of cadmium, copper, nickel and zinc in contaminated soils. **J Environ Qual** 26: 259-264.

Mc Gonigle, T.P.M., and Miller, M.H. 1993. Mycorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 57(4): 1002-1006.

Ministry of State for Population and Environment Republic of Indonesia and Dalhousie University Canada. 1992. Environmental Management in Indonesia. Report on Soil Quality Standart for Indonesia (intern report).

Montgomery, J.M. 1985. **Water Treatment Principles and Design**. USA: John Wiley and Sons Inc.

Muhibbudin, A. 2015. **Metode Cawan**. Wawancara 17 Februari 2015.

Munir, E. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan diakses pada <<http://www.usu.ac.id>> [9 Juli 2015].

Musfal. 2008. Efektivitas cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap pemberian pupuk spesifik lokasi tanaman jagung pada tanah inceptisol. **Tesis**. Universitas Sumatera Utara. 79 hlm.

Nagaraju, A., Karimulla, S. 2002. Accumulation of elements in plants and soils in and around Nellore mica belt, Andhra Pradesh, India: A biogeochemical study. **Environ Geol.** 41:852-860.

Nurtjahya, E. 2003. **Potential Local Tree Candidates For Revegetating Sandy Tin Tailing In Bangka Island**. Literature review. Term paper Introductory Science Philosophy Graduate Program Institut Pertanian Bogor.

Orlowska, E., Orlowski, D., Mesjasz-Przybylowicz, J., Turnau, K. 2011. Role of mycorrhizal colonization in plant establishment on an alkaline gold mine tailing. **Intl J Phytoremed** 13: 185-205.

Pawlowska, T.E., Chaney, R.L., Chin, M., Charvat, I. 2000. Effects of metal phytoextraction practices on the indigenous community of arbuscular mycorrhizal fungi at a metal-contaminated landfill. **Applied and Environmental Microbiology** 66 (6): 2526-2530.

Pemerintah Republik Indonesia (1990), Peraturan Pemerintah RI No 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air.

Pitojo, S. 2005. Benih Tomat. Kanisius. Yogyakarta.

Puspitasari, D., Purwani, K.I., Muhibbudin, A. 2012. Eksplorasi Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Indigenous pada Lahan Jagung di Desa Torjun, Sampang Madura. **Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 1. (Sept, 2012).**

Redaksi Agromedia, 2007. Panduan Lengkap Budi Daya Tomat. Agromedia. Jakarta.

Rismunandar, 2001. Tanaman Tomat. Sinar Baru Algensindo. Bandung.

Rossiana, N. 2003. Penurunan Kandungan Logam Berat Dan Pertumbuhan Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* L (Nielsen)) Bermikoriza Dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi. Universitas Padjajaran, Bandung.

Sadah, B., Halang dan Zaini, M., 2010. Pengaruh Pemberian campuran lumpur pengolahan limbah karet dan media tanah terhadap kandungan Cadmium (Cd) Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L). **Jurnal Wahana-Bio** Volume III Juni 2010.

Sastrahidayat, I.R. 2011. Rekaya Pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian. Universitas Brawijaya Press, Malang.

Schenck, N.C., 1982. **Methods and Principles of Mycorrhizal Research.** The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, USA.

Shivakumar, C.K., Hermavani, C., Thippeswamy, B., Krishnappa, M. 2011. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on green gram grown in soil containing heavy metal zinc. **J Experim Sci** 2 (10): 17-21

Simanungkalit, R.D.M dkk. 2006. **Pupuk Organik dan Pupuk Hayati**. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bogor.

Sitompul, S.M. dan Guritno, B. 1995. **Analisis Pertumbuhan Tanaman**. UGM Press : Yogyakarta.

Solaiman, M.Z. and Hirata, H. 1995. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in paddy fields on rice growth and NPK nutrition under different water regimes. **Soil Sci. Plant Nutr.**, 41(3) : 505-514.

Suharno and Santosa. 2005. Pertumbuhan tanaman kedelai [*Glycine max* (L.) Merr] yang diinokulasi jamur mikoriza, legin dan penambahan seresah daun matoa (*Pometia pinnata* Forst) pada tanah berkapur. *Sains dan Sibernatika* 18 (3): 367-378

Suprayitno, 1995. **Biji Lamtoro**. Kanisius. Yogyakarta.

Surahmaida. 2008. Fitoremediasi Tanah Tercemar Pb dan Cd Menggunakan Jarak Pagar **Tesis** Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.

Talanca, H. 2010. Status Cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Pada Tanaman. Prosiding Pekan Serealia Nasional. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Sulawesi Selatan.

Tauhid, I. 2011. Pengaruh *Glomus aggregatum* yang Diinokulasikan Pada Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) Dalam Menurunkan Total Petroleum Hydrocarbon. **Tugas Akhir**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Program Studi Biologi. Surabaya.

Tjahyana, B.E. dan Ferry, Y. 2011. Revegetasi Lahan Bekas Tambang Timah dengan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). **Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan 2011**.

Vlajkovic, M. and Blagojevic, B. 2007. Phytoremediation New Technology For Sustainable Development. In Sustainable Development Of Energy, Water and Environment System, **Proceedings of the 3rd Dubrovnik Conference**. pp: 558-567.

Warsana. 2009. Introduksi Teknologi Tumpangsari Jagung dan Kacang Tanah. Tabloid Sinar Tani, 25 Pebruari 2009.

Widyati, E. 2007. Pemanfaatan Bakteri pereduksi Sulfat untuk Bioremediasi Tanah Bekas Tambang Batubara. **Jurnal Biodiversitas** Vol. 8 (4). Pp: 283-286.

Widyati, E. 2008. Peranan mikroba Tanah pada kegiatan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. **Info Hutan**. Vol. V No. 2. pp: 151-160.

Wiesenhutter, J. 2003. Use of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) to Combat Desertification on Reduce Poverty. Deutsche Gesellschaft fur Technsche Zusammenarbeit (GTZ). Convention Project to Combat Desertification (CCD Project) diakses pada <<http://www.gtz.de/desert>> [18 Desember 2014].

Wright, S.F. and Uphadhyaya, A. 1998. Survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **J Plant Soil** 198: 97-107.

Yulipriyanto, H. 2010. **Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya**. Graha Ilmu Yogyakarta.

Zhu, Y.L., E.A.H. Pilon-Smits, L. Jouanin dan N. Terry. 1999. Overexpression of Glutathione Synthetase In Indian Mustard Enhances Cadmium Accumulation And Tolerance. **Plant Physiology**. 119:73-79

DAFTAR LAMPIRAN

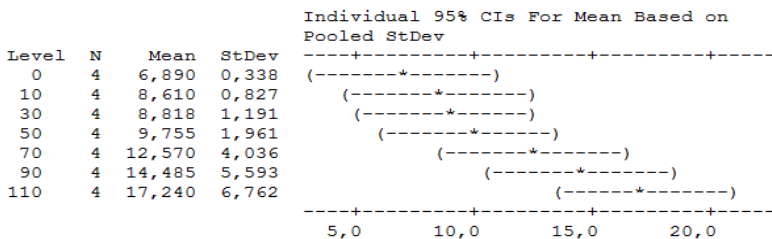
	Halaman
Lampiran 1. Hasil analisa uji statistik ANOVA dan Dunnet pada tinggi tanaman	53
Lampiran 2. Hasil analisa uji statistik ANOVA dan Dunnet pada biomassa tanaman	56
Lampiran 3. Hasil analisa uji statistik ANOVA dan Dunnet pada jumlah daun tanaman	62
Lampiran 4. Hasil uji analisa tanah sebelum perlakuan.....	69
Lampiran 5. Hasil uji analisa tanah setelah perlakuan.....	71
Lampiran 6. Foto Perlakuan dan Pengamatan.	73
Lampiran 7. Foto Pengamatan mikoriza.....	75

One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Tinggi Tomat

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	328,8	54,8	3,86	0,009
Error	21	298,1	14,2		
Total	27	626,9			

S = 3,768 R-Sq = 52,45% R-Sq(adj) = 38,86%



Pooled StDev = 3,768

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	6,890	A
110	4	17,240	B
90	4	14,485	B
70	4	12,570	A
50	4	9,755	A
30	4	8,818	A
10	4	8,610	A

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

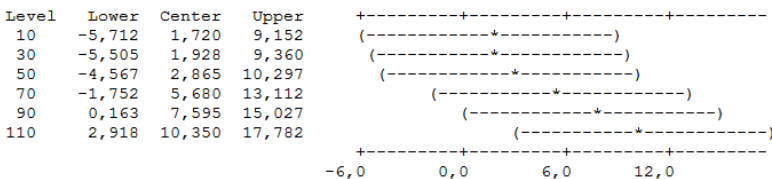
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean



One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Tinggi Lamtoro

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	1159,74	193,29	132,73	0,000
Error	21	30,58	1,46		
Total	27	1190,32			

S = 1,207 R-Sq = 97,43% R-Sq(adj) = 96,70%

				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+			
0	4	2,035	0,228	(-*-)			
10	4	19,703	1,530	(---)			
30	4	20,845	1,703	(---)			
50	4	19,903	0,874	(---)			
70	4	21,520	1,266	(---)			
90	4	19,083	1,218	(---)			
110	4	20,747	1,024	(---)			
				-----+-----+-----+-----+			
				6,0 12,0 18,0 24,0			

Pooled StDev = 1,207

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	2,035	A
70	4	21,520	B
30	4	20,845	B
110	4	20,747	B
50	4	19,903	B
10	4	19,703	B
90	4	19,083	B

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

Level	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+			
10	15,287	17,668	20,048	(-----*-----)			
30	16,429	18,810	21,191	(-----*-----)			
50	15,487	17,868	20,248	(-----*-----)			
70	17,104	19,485	21,866	(-----*-----)			
90	14,667	17,047	19,428	(-----*-----)			
110	16,332	18,712	21,093	(-----*-----)			
				-----+-----+-----+-----+			
				16,0 18,0 20,0 22,0			

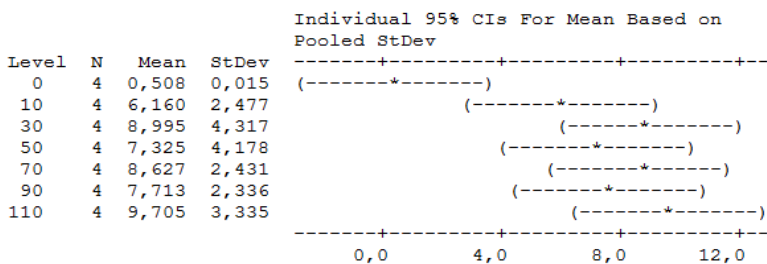
Lampiran 2. Hasil uji ANOVA & Dunnet Biomassa tanaman

One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Biomassa Akar Jarak Pagar

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	229,67	38,28	4,14	0,007
Error	21	194,14	9,24		
Total	27	423,81			

S = 3,041 R-Sq = 54,19% R-Sq(adj) = 41,10%



Pooled StDev = 3,041

Dunnett's comparisons with a control

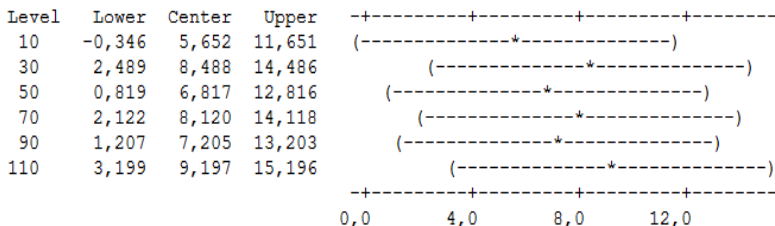
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

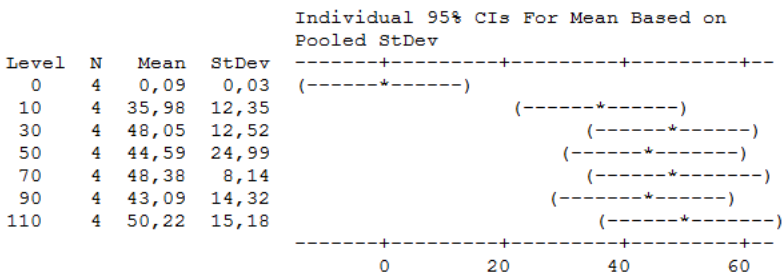


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Biomassa Batang Jarak Pagar

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	7463	1244	6,07	0,001
Error	21	4305	205		
Total	27	11769			

S = 14,32 R-Sq = 63,42% R-Sq(adj) = 52,97%



Pooled StDev = 14,32

Dunnett's comparisons with a control

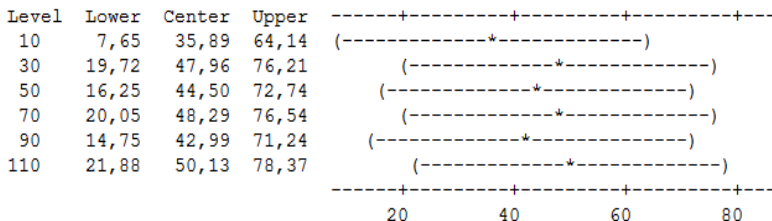
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

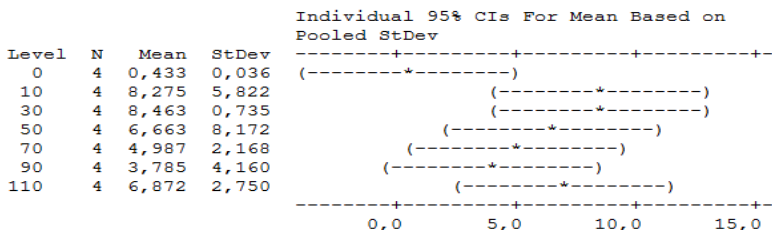


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Biomassa Daun Jarak Pagar

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	193,8	32,3	1,73	0,163
Error	21	392,4	18,7		
Total	27	586,2			

S = 4,322 R-Sq = 33,07% R-Sq(adj) = 13,94%



Pooled StDev = 4,322

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	0,433	A
30	4	8,463	A
10	4	8,275	A
110	4	6,872	A
50	4	6,663	A
70	4	4,987	A
90	4	3,785	A

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

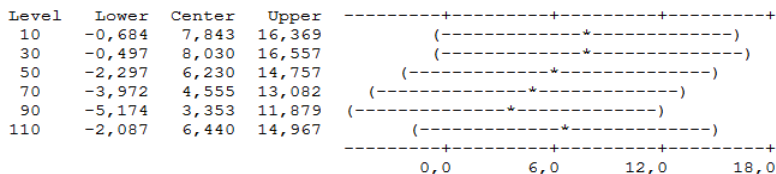
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

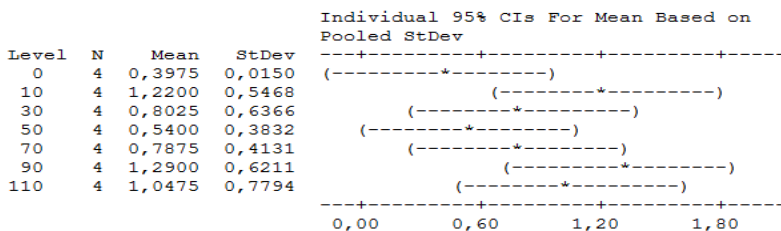


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Biomassa Akar Lamtoro

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	2,696	0,449	1,56	0,208
Error	21	6,046	0,288		
Total	27	8,742			

S = 0,5366 R-Sq = 30,84% R-Sq(adj) = 11,08%



Pooled StDev = 0,5366

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	0,3975	A
90	4	1,2900	A
10	4	1,2200	A
110	4	1,0475	A
30	4	0,8025	A
70	4	0,7875	A
50	4	0,5400	A

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

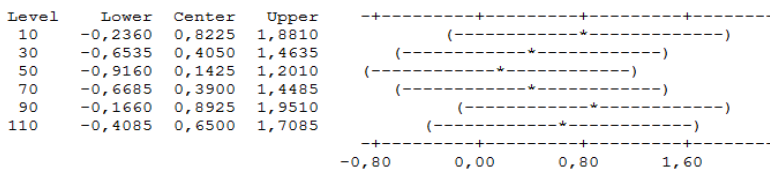
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

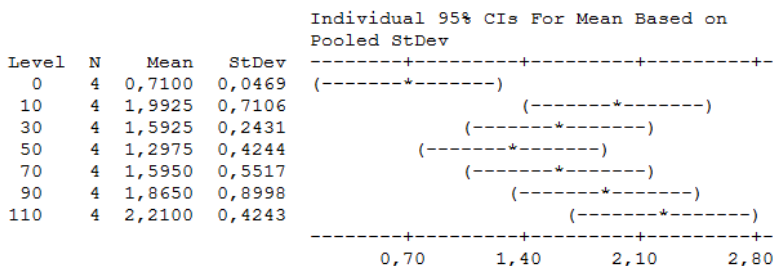


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Biomassa Batang Lamtoro

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	5,918	0,986	3,38	0,017
Error	21	6,121	0,291		
Total	27	12,039			

S = 0,5399 R-Sq = 49,16% R-Sq(adj) = 34,63%



Pooled StDev = 0,5399

Pooled StDev = 0,5399

Dunnett's comparisons with a control

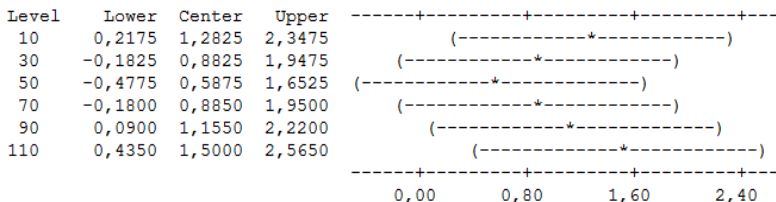
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

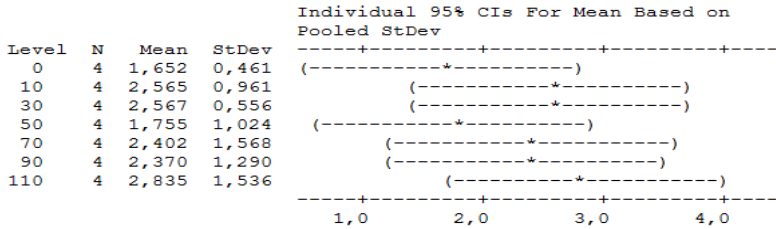


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Biomassa Daun Lamtoro

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	4,64	0,77	0,60	0,725
Error	21	26,92	1,28		
Total	27	31,56			

S = 1,132 R-Sq = 14,69% R-Sq(adj) = 0,00%



Pooled StDev = 1,132

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	1,652	A
110	4	2,835	A
30	4	2,567	A
10	4	2,565	A
70	4	2,402	A
90	4	2,370	A
50	4	1,755	A

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

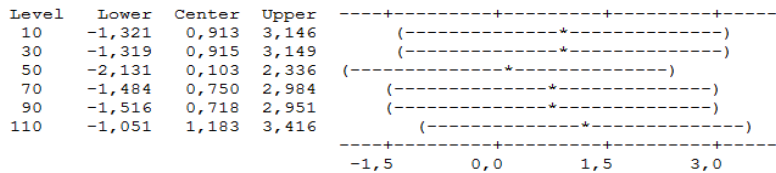
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

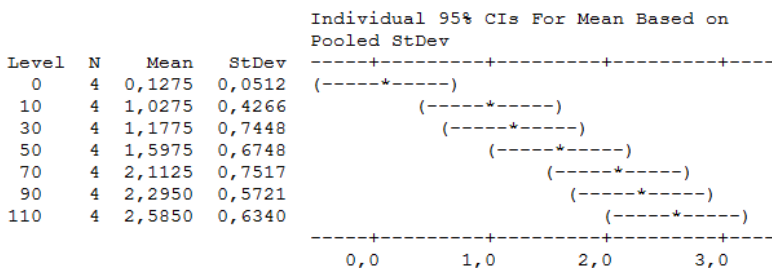


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Akar Tomat

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	17,518	2,920	8,21	0,000
Error	21	7,467	0,356		
Total	27	24,984			

S = 0,5963 R-Sq = 70,11% R-Sq(adj) = 61,58%



Pooled StDev = 0,5963

Dunnett's comparisons with a control

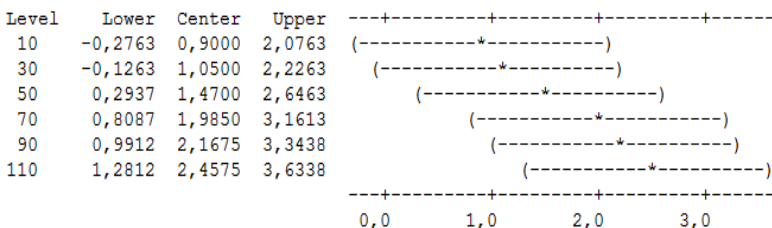
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

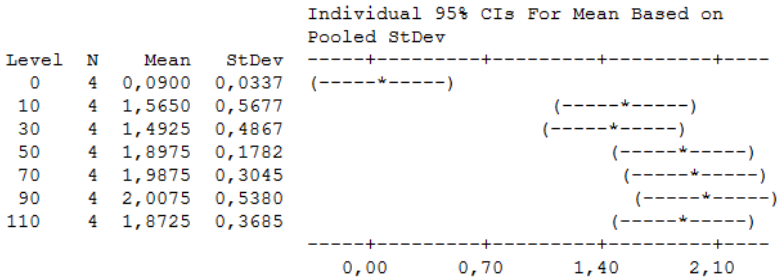


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Batang Tomat

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	11,040	1,840	11,60	0,000
Error	21	3,330	0,159		
Total	27	14,370			

S = 0,3982 R-Sq = 76,83% R-Sq(adj) = 70,20%



Pooled StDev = 0,3982

Dunnett's comparisons with a control

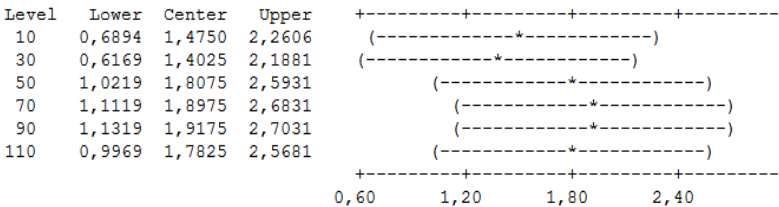
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

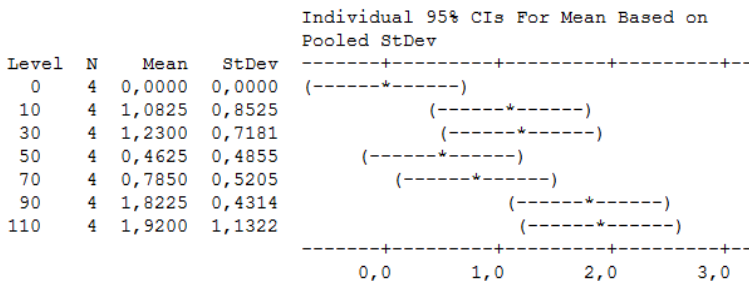


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Daun Tomat

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	11,619	1,936	4,21	0,006
Error	21	9,651	0,460		
Total	27	21,270			

S = 0,6779 R-Sq = 54,63% R-Sq(adj) = 41,66%



Pooled StDev = 0,6779

Dunnett's comparisons with a control

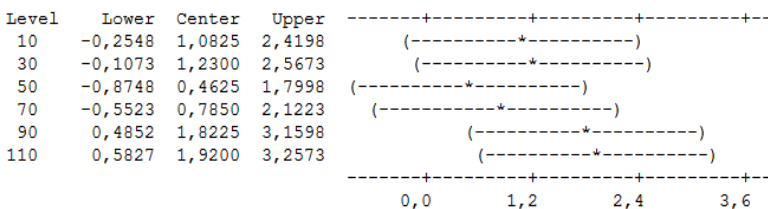
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean



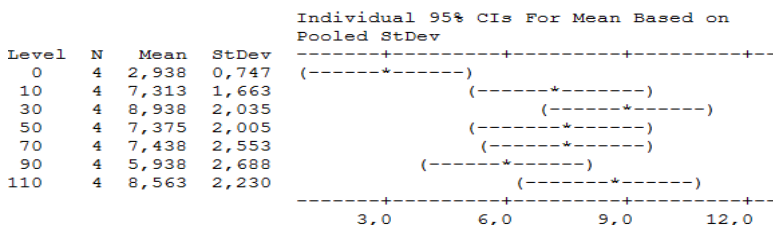
Lampiran 3. Uji ANOVA & Dunnet jumlah daun tanaman

Jumlah Daun Jarak Pagar

One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	96,89	16,15	3,74	0,011
Error	21	90,59	4,31		
Total	27	187,48			

S = 2,077 R-Sq = 51,68% R-Sq(adj) = 37,87%



Pooled StDev = 2,077

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	2,938	A
30	4	8,938	B
110	4	8,563	B
70	4	7,438	B
50	4	7,375	B
10	4	7,313	B
90	4	5,938	A

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

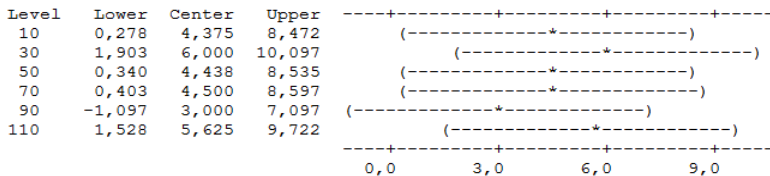
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

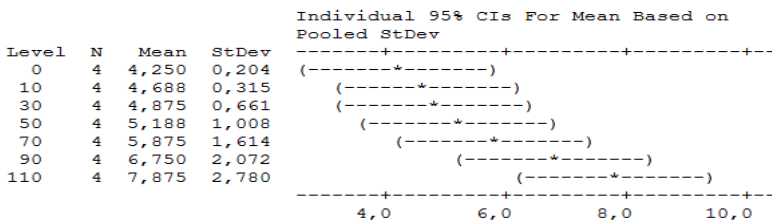


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Jumlah Daun Tomat

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	39,65	6,61	2,85	0,034
Error	21	48,66	2,32		
Total	27	88,30			

S = 1,522 R-Sq = 44,90% R-Sq(adj) = 29,16%



Pooled StDev = 1,522

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	4,250	A
110	4	7,875	B
90	4	6,750	A
70	4	5,875	A
50	4	5,188	A
30	4	4,875	A
10	4	4,688	A

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

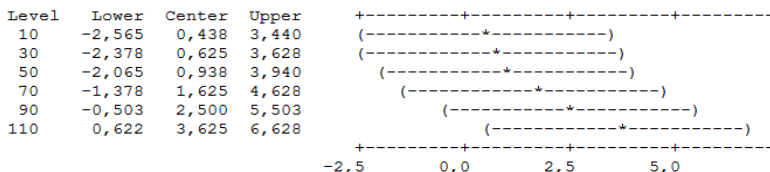
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean

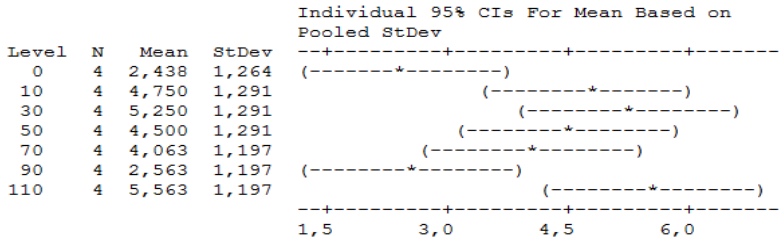


One-way ANOVA: Hasil versus Dosis

Jumlah Daun Lamtoro

Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	6	36,59	6,10	3,92	0,009
Error	21	32,69	1,56		
Total	27	69,28			

S = 1,248 R-Sq = 52,82% R-Sq(adj) = 39,33%



Pooled StDev = 1,248

Grouping Information Using Dunnett Method

Level	N	Mean	Grouping
0 (control)	4	2,438	A
110	4	5,563	B
30	4	5,250	B
10	4	4,750	A
50	4	4,500	A
70	4	4,063	A
90	4	2,563	A

Means not labeled with letter A are significantly different from control level mean.

Dunnett's comparisons with a control

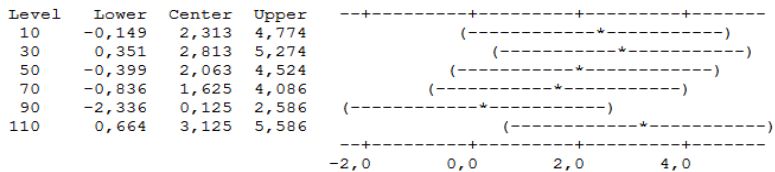
Family error rate = 0,05

Individual error rate = 0,0110

Critical value = 2,79

Control = level (0) of Dosis

Intervals for treatment mean minus control mean



Lampiran 4. Hasil uji analisa tanah sebelum perlakuan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA
JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia, Telp : +62-341-575838, Fax : +62-341-554403
<http://kimia.ub.ac.id>, e-mail: kimia_1@ub.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISA

NO T.14 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2014

1. Data konsumen :
 - Nama konsumen : Lina Lestari
 - Instansi : Fak Pertanian Universitas Brawijaya Malang
 - Alamat : Jl. Veteran Malang
 - Telepon : 083 834 975 737
 - Status : Mahasiswa
 - Keperluan analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi sampel :
 - Nama sampel : Tanah
 - Wujud : Padatan
 - Warna : Hitam
 - Bau : Tidak Berbau
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang.
5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil langsung
6. Tanggal terima sampel : 10 Desember 2014
7. Data hasil analisa :

No	Kode	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	T	Mn	12,39 ± 0,00	mg/kg	NaIO ₄	Spektrofotometri

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Mengetahui

Kimia




Dr. Edi Priyo Utomo, M.S.
NIP. 19570227 198603 1 003

Malang, 31 Desember 2014
Kalab.UPT. Layanan Analisa &
Pengukuran

Dra. Sri Wardhani, M Si
NIP. 19680226 199203 2 001

Lampiran 5. Hasil Uji analisa tanah setelah diberi perlakuan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA
JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia, Telp :+62-341-575838, fax : +62-341-554403
<http://kimia.ub.ac.id>, e-mail: kimia_UB@ub.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : T.15 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2014


1. Data konsumen :
 - Nama konsumen : Lina Lestari
 - Instansi : Fak.Pertanian Universitas Brawijaya Malang
 - Alamat : Jl. Veteran Malang
 - Telepon : 083 834 975 737
 - Status : Mahasiswa
 - Keperluan analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi sampel
 - Nama sampel : **Tanah**
 - Wujud : Padatan
 - Warna : Hitam
 - Bau : Tidak Berbau
4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Unibraw Malang
5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil langsung
6. Tanggal terima sampel : 05 Pebruari 2015
7. Data hasil analisa :

No	Kode	Parameter	Hasil Analisa		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	P0	Mn	11,75 ± 0,02	mg/kg	NalO ₄	Spektrofotometri
2	P1	Mn	09,93 ± 0,03	mg/kg	NalO ₄	Spektrofotometri
3	P2	Mn	08,82 ± 0,01	mg/kg	NalO ₄	Spektrofotometri
4	P3	Mn	08,27 ± 0,04	mg/kg	NalO ₄	Spektrofotometri
5	P4	Mn	08,05 ± 0,03	mg/kg	NalO ₄	Spektrofotometri
6	P5	Mn	07,45 ± 0,05	mg/kg	NalO ₄	Spektrofotometri
7	P6	Mn	07,39 ± 0,04	mg/kg	NalO ₄	Spektrofotometri

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Malang, 18 Pebruari 2015
 Telah Di Analisa Lab Kimia
 Jurusan Kimia FMIPA UB



DARWIN

Lampiran 6. Foto perlakuan & parameter pengamatan



Gambar 1. Biji tomat yang telah disemaikan (Dokumentasi Pribadi, 2015)



Gambar 2. Biji jarak pagar yang telah disemaikan (Dokumentasi Pribadi, 2015)



Gambar 3. Biji lamtoro yang telah disemaikan (Dokumentasi Pribadi, 2015)



Gambar 4. Penyiapan media tanah.



Gambar 5. Penampakan tanaman dengan metode cawan.

Parameter pengamatan



Gambar 1. Pengukuran tinggi tanaman.



Gambar 2. Perhitungan jumlah daun yang sehat.



Gambar 3. Penimbangan berat kering akar.



Gambar 4. Penimbangan berat kering daun



Gambar 5. Preparat uji untuk pengamatan infeksi mikoriza



Gambar 6. Akar a) jarak pagar; b) lamtoro.

Lampiran 7.



Gambar 13. Foto pengamatan mikroskopis perbesaran 400x. bagian dari mikoriza Spora (A), Arbuskula (B), Hifa (C)



Warna daun menguning indikasi tanaman tercemar Mn



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di kota Lamongan pada tanggal 13 September 1993 sebagai anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Miftahul Fatah dan Ibu Fa`atin. Tahun 2011 penulis lulus dari Madrasah Aliyah Al-Ishlah Sendangagung Paciran Lamongan, pada tahun yang sama penulis

berkesempatan menerima beasiswa BIDIK MISI dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI untuk melanjutkan studi S1 di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menjadi Mahasiswa aktif di ITS Surabaya, penulis pernah menjadi anggota BIMITS ITS, dan staff Departemen Kaderisasi 2012-2013 JMMI ITS dan KAMMI komisariat ITS Surabaya. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan pelatihan I-STEP 2013 yang diadakan oleh RAMP IPB Bogor, serta telah melaksanakan Kerja Praktek di Balai Besar Proteksi Tanaman Perkebunan Surabaya selama periode 25 Juni-25 Juli 2014.